

1968

Moderne Entrindungsmaschinen — Technologie und Wirtschaftlichkeit*

Modern Debarkers — their Technological and Economical Aspects

Von **Georg Holzhey**, Augsburg

Zusammenfassung

Holzspanplatten-, Holzfaserplatten-, Papier- und Zellstoffindustrie verarbeiten heute in der Hauptsache Faserholz. Stangenholz wird von den Imprägnierbetrieben weiterverarbeitet zu Grubenholz und Masten. Stammholz ist schließlich der Ausgangsrohstoff für Sägewerke, Sperrholzwerte, Faßfabriken und andere Holzverarbeitende Industriebetriebe. Faserholz, Stangenholz und Stammholz müssen für die genannten Industrien in entrindetem Zustand geliefert oder in den Betrieben selbst von der Rinde befreit werden. Die Entrindung nimmt also einen breiten Raum bei der Rohstoffaufbereitung ein. Diese Tatsache spiegelt sich deutlich in der Entwicklung und Erzeugung moderner Entrindungsmaschinen und Entrindungsanlagen wieder. Die vorliegende Arbeit hat es sich zur Aufgabe gemacht, dieses Arbeitsgebiet ausführlich darzustellen. Die wichtigsten Bautypen jeder Entrindungsmaschinenart werden nach ihrem Arbeitsprinzip und ihrem Einsatzbereich geordnet besprochen. Überlegungen zur Wirtschaftlichkeit jeder Maschinenart werden angestellt. In mehreren Tabellen und Übersichten sind alle erarbeiteten Daten zusammengestellt.

Summary

The particle board industry, the fiber board industry and the pulp industry today are mainly processing pulpwood. In impregnation plants, pole wood is converted to pit-props and poles. Log wood, after all, is the raw material for saw mills, plywood plants, barrel works and other wood working industries. Pulpwood, pole wood and log wood must be delivered to these industries in debarked condition or is debarked in the factories. Debarking, therefore, plays an important part in the preparation of the raw material. This fact may clearly be viewed in the design and manufacture of modern debarking machines and plants. The article aims to give a detailed description of this machinery. The most essential types of each group of debarking machines are discussed with respect to their working methods and their field of application. Considerations as to the economy of each type of machine are made. Several tables and surveys offer a compilation of all data obtained.

Einleitung

Die Forderung nach Entrindung überhaupt und nach der Güte der Entrindung leitet sich aus den Ansprüchen ab, die an das Endprodukt der jeweiligen Holz- oder Holzwerkstoffindustrie gestellt werden, und aus den technischen Möglichkeiten, Rindenverunreinigungen während des Produktionsprozesses nachträglich auszusondern.

Im Hinblick auf die Entrindung ist es zweckmäßig, das Nutzholz in drei Gruppen aufzuteilen: Faserholz, Stangenholz und Stammholz. Zu den Faserholz verarbeitenden Industrien sind die Spanplatten-, Holzfaserplatten- und alle Industrien, die das Gefüge des Holzes auflösen, also die Holzstoff-, Zellstoff-, Halbzellstoff- und Chemiefaserindustrien, zu rechnen. Unter die zweite Gruppe fällt die Imprägnierung von Pfählen und Masten und der dritten Gruppe schließlich sind die Säge- und Lagenholzindustrien, die Faßfabriken, die Verpackungsmittel- und Behälter-

industrien, die Türen-, Fenster- und Kistenfabriken, die Möbel- und Holzhausfabriken und Teile der Karosserie- und Waggonfabriken zuzuordnen. Bei allen Be- und Verarbeitungsprozessen der genannten Industrien hat die Rinde eine qualitätsmindernde Wirkung und muß daher entfernt werden.

Holz, Kambium und Rinde

„Als Holz gelten die entrindeten Stämme, Wurzeln und Äste der Bäume und Sträucher“ [Kollmann 1951]. Die Holzmasse, die den größten Teil des Stammes bildet, wird von einer „dünnen Haut zarter, lebender Zellen“ [Kollmann 1951], dem Kambium, umgeben. „Die Zellen dieses nur eine Zellreihe dicken Kambiummantels teilen sich bei der Bildung des Holzes und der Rinde durch tangential Längswände und scheiden nach innen... Holzzellen, nach außen... Rindenzellen ab...“ [Trendelenburg/Mayer-Wegelin 1955]. Das Kambium ist also eine natürliche Trennschicht zwischen Holz und Rinde. Ziel jeder Entrindung muß es sein, Holz und Rinde eben dort voneinander zu lösen, wo dies von Natur aus vorgezeichnet ist.

Unter Rinde versteht man sodann alles, was nach außen hin die Kambialschicht umgibt. Allgemein wird die

* Genehmigte Kurzfassung der Dissertation des Verfassers an der Universität München 1968. Referent: Professor Dr.-Ing., Dr. h. c. F. Kollmann, Koreferent: Professor Dr. E. Heinen.

Für das entgegengebrachte Interesse und die zahlreichen Anregungen danke ich Herrn Professor Dr.-Ing., Dr. h. c. F. Kollmann auch an dieser Stelle vielmals. Ebenso richtet sich mein Dank an Forst- und Holzforschungsinstitute, Industrieverbände und viele Holzindustriebetriebe und Maschinenfabriken für ihre hilfsbereite Unterstützung.

1968

Tabelle 1. Zusammenhang zwischen Entrindungswiderstand und Entrindungsvorgang auf der Grundlage der Untersuchungsergebnisse von Sachße

Meßwert (Zieger-Gerät)	Monat	Teilungstätigkeit des Kambiums	Radial-Zellwände in der Kambialschicht	Ort der Trennung
200	ungefähr Mai/Juni	rege Teilung	verschwommen, sehr dünn	Kambium
300	April/Mai, August	geringe Teilung	dünn	Kambium
400	April, Sept./Oktober	geringe Teilung	fast ebenso dick wie im Bast	vorwiegend im Kambium
450	April, Sept./Oktober	geringe Teilung	ebenso dick wie im Bast	quer über Tangentialwände
1200	Nov., Jan./Februar	keine Teilung	durchgehend gleich dick wie im Bast	durch den Bast irgendwo im Bast

Rinde in Innenrinde oder Bast und Außenrinde oder Borke unterteilt.

Rindenanteil und Rindendicke sind sowohl innerhalb verschiedener Holzarten, als auch innerhalb der gleichen Holzart stark unterschiedlich. Kurz zusammengefaßt üben folgende Bestimmungsgrößen einen Einfluß auf den Rindenanteil bzw. die Rindendicke aus: Schafthöhe, Stammdurchmesser, Alter des Baumes, Wachstumsbedingungen wie beispielsweise Höhenlage, Stellung im Bestand, Bodengüte u. dgl. und schließlich insbesondere die Holzart. Als dickrindig sind von unseren Hauptholzarten Lärche, Kiefer und Eiche und als dünnrindig Birke und Buche zu nennen.

Entrindungswiderstand und Entrindbarkeit

Entrindungswiderstand¹ und Entrindbarkeit sind von Holzart zu Holzart, innerhalb derselben Holzart und von Jahreszeit zu Jahreszeit verschieden. Die Erscheinung des jahreszeitlichen Wechsels erfuhr erstmals 1938 durch die Untersuchungen von Huber [1941] eine wissenschaftliche Behandlung. Weitere umfangreiche Arbeit auf diesem Gebiet leisteten Zieger [1960], Gläser [1960], Sachße [1955] und Perm [1958]. Von den Geräten zur Messung des Entrindungswiderstandes sind der Ziegersche Schälwiderstandsmesser 47 und der Schälwiderstandsmesser nach Wilcox die bekanntesten.

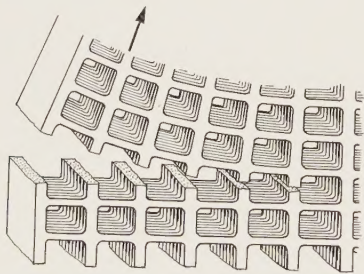


Bild 1. Schema des radialen Abrisses von Zellreihen bei der mechanischen Entrindung [Nach Zieger 1960].

„Jede Trennung der Rinde vom Holzkörper bedeutet Zerreißung von Geweben bzw. von Zellreihen, in denen der Trennungsriß verläuft“ [Zieger 1960] (Bild 1). Bei mechanischer Entrindung treten fast ausschließlich radial angreifende Trennkkräfte auf. Die tangentialen Zellwände werden beim Reißvorgang wenig berührt. Diese anatomischen Verhältnisse des Trennungsvorgangs in Ver-

¹ Im Schrifttum wird vorwiegend der Ausdruck „Schälwiderstand“ verwendet. Er erscheint jedoch, wie auch Zieger sagt, nicht sehr glücklich, da er sich einseitig auf das Lohschälen oder auf das Rundschälen von Furnierholzstämmen bezieht. Allgemeiner und eindeutiger ist die Bezeichnung „Entrindungswiderstand“.

bindung mit dem jahreszeitlich wechselnden Bedarf an Trennungskräften hat erstmals Sachße untersucht. In der Tabelle 1 sind seine Ergebnisse stichwortartig zusammengestellt.

Die bisherigen Ausführungen bezogen sich auf den lebenden Baum bzw. den Zustand unmittelbar nach der Fällung. Gläser [1960] erforschte die Veränderung der Entrindungswiderstände bei nach der Fällung gelagertem Holz. Seine Untersuchung bezog sich auf einen Zeitraum von 16 Monaten, während dem allmonatlich Fichtenstämme in Faserholzstärke gefällt und in 1 m lange Stücke abgelängt, mit den beiden vorher genannten Meßgeräten gemessen und sodann auf je fünferlei Art, sowohl in vollrindigem als auch gerepelttem Zustand, gelagert wurden. Als Ergebnis der Untersuchung, das im Bild 2 dargestellt ist, ergab sich die Erscheinung, „daß die im Zeitpunkt des

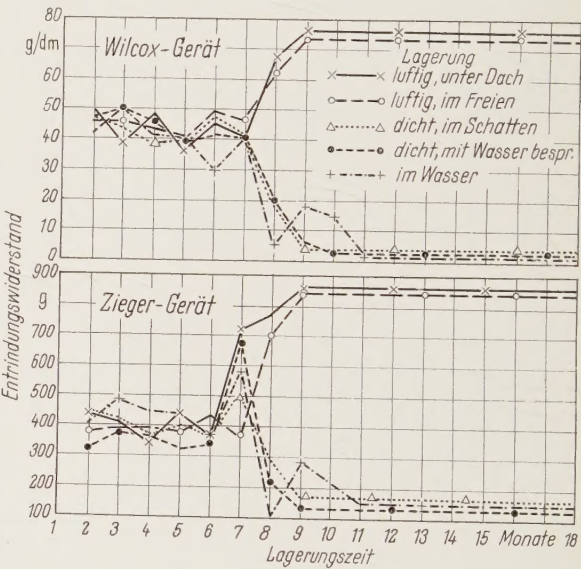


Bild 2. Verlauf des Entrindungswiderstandes von verschiedenen gelagertem, vollrindigem Fichtenholz bei zunehmender Lagerungsdauer; Messung mit dem Wilcox- und dem Zieger-Gerät [Nach Gläser 1954].

Einschlages so großen jahreszeitlichen Verschiedenheiten des Schälwiderstandes schon nach wenigen Monaten Lagerung völlig verschwinden und die Entwicklung des Schälwiderstandes zur geringeren oder größeren Haftung der Rinde auf dem Holz allein durch die Lagerungsart bewirkt wird“ [Gläser 1960].

Ähnliche, aber noch umfassendere Untersuchungen werden gegenwärtig am Institut für Forstberatung und forstliche Arbeitswissenschaft der Universität Freiburg i. Br. unter Leitung von Professor Steinlin durchgeführt.

Entwicklung der maschinellen Entrindung

Den wesentlichen Ausgangspunkt für die Entwicklung der maschinellen Entrindung bilden die technologischen und wirtschaftlichen Nachteile der Handentrindung, die einerseits in der geringen Leistungsfähigkeit und andererseits in den hohen Kosten begründet sind. Weitere Grundlagen für die Entwicklung der maschinellen Entrindung sind zunehmende Kapazität als Folge erhöhten Holzbedarfs und allgemeiner Konzentrierung, Verknappung der Arbeitskräfte, steigende Ansprüche an die Sauberkeit des Holzes, zunehmende Mechanisierung durch erweiterte technische Möglichkeiten und die Forderung nach maximaler Holzausbeute. Letzterer Gesichtspunkt hat besondere Bedeutung in Verbindung mit der Nutzung von Industrie-erstholz durch die Zellstoff-, Spanplatten- und Holzfaserspanplattenindustrien. Insbesondere in Nordamerika und Skandinavien haben aus diesem Grunde die Sägewerke Entrindungsmaschinen aufgestellt, um Rindenabfälle als wertvolle Rohstoffe für die vorgenannten Industriezweige bereitstellen zu können.

Grundsätzlich kann die Entrindung an zwei Stellen durchgeführt werden: im Wald und/oder im Industriebetrieb. Für die Entrindung im Wald sprechen gesetzliche, forsthygienische und wirtschaftliche Gründe wie Schutz gegen Insektenbefall, schonenderes und leichteres Rücken, Gewichts- und Masseneinsparung beim Transport, sowie einfachste Lösung des Problems der Rindenbeseitigung. Gegen die Entrindung im Wald sprechen im mittteleuropäischen Raum insbesondere der selektive Holzeinschlag, der zersplitterte Waldbesitz und die kleinen Betriebsgrößen, die bisher nur schwerlich einen wirtschaftlichen Einsatz leistungsfähiger Maschinen zuließen.

Inzwischen hat sich ein beachtliches Angebot von ortsbeweglichen Maschinen entwickelt, das zumindest in gewissem Rahmen weiterhin die Entrindung im Wald ermöglicht. Es muß allerdings schon hier festgestellt werden, daß als Fernziel eine Entrindung mit sehr leistungsfähigen und wirtschaftlichen Maschinen an großen Zwischenlagerplätzen oder industriellen Betriebsstätten angestrebt werden muß.

An letzteren hat sich die maschinelle Entrindung viel früher und in wesentlich größerem Umfang eingeführt als im Wald. Bei den Holzindustrien sind stationäre Einrichtungen für die Entrindung großer Mengen unter einheitlichen Voraussetzungen und Erfordernissen möglich, so daß schon früh die Entwicklung von jeweils geeigneten Maschinen begann.

Holzstoff- und insbesondere die Zellstoffindustrie waren diejenigen Holzverbraucher, die als erste die Entwicklung der maschinellen Entrindung im großen Maße in Bewegung setzten. Zwei Gründe müssen dafür angegeben werden: 1. das produktionstechnologische Erfordernis der Rindenfreiheit und 2. die sehr hohen Holzverbrauchs-mengen, die schon sehr bald mit Handentrindung nicht mehr bewältigt werden konnten. Es wurden hier vor allem die leistungsfähigen Mehrstammentrindungs-maschinen erfunden. Die Entwicklung der maschinellen Einzelstammentrindung ist ebenfalls — wenn auch nur mittelbar — auf die Zellstoffindustrie zurückzuführen, die unter der Voraussetzung der Rindenfreiheit Schwarten und Säumlänge der Sägewerke als hochwertige und zugleich billige Rohstoffe verwenden kann. Auch für die Spanplatten- und Holzfaserspanplattenindustrie sind entrindete Sägewerksabfälle ein begehrter Ausgangsstoff. In der westkanadischen Provinz British Columbia [McBride 1963] z. B. haben an der Küste alle Sägewerke maschinelle Ent-

rindungsvorrichtungen aufgestellt; sie liefern heute zusammen über 3 Mio. t Hackschnitzel für die Zellstoffindustrie; 1935 waren es nur 38400 t. Die unterschiedlichen Betriebsgrößen, Holzbeschaffenheiten und Holzdimensionen führten zur Entwicklung sehr vieler verschiedenartiger und verschiedengroßer Entrindungs-maschinen und insgesamt gesehen zu einem hohen technischen Stand auf dem Gebiet der Einstammentrindung.

Während alle bisher genannten Industrien kein vollkommen bastfrei entrindetes Holz benötigen, führten die Erfordernisse der Holzstofffabriken, der nicht bleichenden Sulfittfabriken und der Imprägnieranstalten zur Entwicklung von Weißschälmaschinen.

Entrindungsverfahren und Maschinentypen

Auf der Grundlage des technologischen Entrindungsprinzips und einzelner Konstruktionsmerkmale sowie unterschiedlicher Arbeitsweise läßt sich die Vielzahl von Entrindungsmaschinen in elf Hauptarten untergliedern.

- 1 Schnittrindung
 - 1.1 Maschinelle Handentrindungswerkzeuge
 - 1.2 Maschinen mit vertikalen Messerscheiben
 - 1.3 Maschinen mit Messerköpfen
- 2 Reibentrindung, Werkzeug am Stamm
 - 2.1 Maschinen mit stammparallel beweglichen Werkzeugen bei Rotation Stammes
 - 2.2 Maschinen mit Werkzeugen unter oder über dem Stamm bei Vorschub und Rotation des Stammes
 - 2.3 Maschinen mit rotierenden Werkzeugen bei Stammvorschub
- 3 Reibentrindung, Stamm an Stamm
 - 3.1 Trog- oder Taschenentrindungsmaschinen
 - 3.2 Entrindungstrommeln
- 4 Hochdruck-Wasserstrahlentrindung
 - 4.1 Trommeln mit Wasserstrahlen
 - 4.2 Maschinen mit Wasserstrahl auf den rotierenden Stamm
 - 4.3 Maschinen mit Wasserstrahl auf den nichtrotierenden Stamm

Aus Raummangel muß von einer Einzelbeschreibung jeder Maschine abgesehen werden. Die wichtigsten Daten gehen jedoch aus der Tabelle 2² hervor. Die technologischen Besonderheiten der einzelnen Maschinengruppen und einiger bedeutender Maschinentypen werden im folgenden kurz zusammengefaßt.

² Für die Tabelle 2 gelten folgende Abkürzungen:

v'b	= vollbeweglicher Maschineneinsatz
h'b	= halbbeweglicher Maschineneinsatz
st.	= stationäre Maschineninstallation
M	= Maschine allein betrachtet
A	= Entrindungsanlage als ganze betrachtet
v.Hd.	= Beschickung der Maschine von Hand
masch.	= maschinelle Maschinenbeschickung
rm	= Mengenleistung in Raummetern
fm	= Mengenleistung in Festmetern
lfm	= Mengenleistung in laufenden Metern
St	= Mengenleistung in Stämmen

Preisklassen in DM:

1 = unter	1000,—
2 = von	1000,— bis 3000,—
3 = von	3000,— bis 6000,—
4 = von	6000,— bis 10000,—
5 = von	10000,— bis 20000,—
6 = von	20000,— bis 50000,—
7 = von	50000,— bis 100000,—
8 = von	100000,— bis 200000,—
9 = von	200000,— bis 400000,—
10 = über	400000,—

Tabelle 2. Zusammenstellung der wichtigsten Daten der verschiedenen

Maschine (mit Angabe des Herkunftslandes)	Installations- weise ²	Umfang der Betracht. ²	geeignete Holzdimension		Art der Beschickung ²	Preisklasse ²
			Durchmesser (cm)	Länge (m)		
<i>1 Schnittrindung</i>						
<i>1.1 Handgeführte masch. Entrindungswerkzeuge</i>						
Valentin (Frankreich)	v'b.	M	beliebig	beliebig	ohne	3; 4
RSM (BRD)	v'b.	M	beliebig	beliebig	ohne	4
RSM-Steinbrecher-Maschine (BRD)	st.	A	40 ... 145	beliebig		5
Römer, 3 Modelle (BRD)	v'b.	M	beliebig	beliebig	ohne	1
Ekström (Schweden)	h'b.	M	beliebig	beliebig	v.Hd.	2
Magini (Italien)	h'b.	M	beliebig	beliebig	v.Hd.	2
Flex, 2 Modelle (BRD)	h'b.	M	beliebig	beliebig	v.Hd.	1
Bark-King (Schweden)	v'b.	A	5 ... 40	1,7 ... 2,5	v.Hd.	1
Demaillet, 6 Modelle (Frankreich)	v'b.	M	5 ... 40	... 3	v.Hd.	2; 3
Bouthéon, 2 Modelle (Frankreich)	h'b.	M	5 ... 40	beliebig	v.Hd.	2
Rapide, 3 Modelle (Schweiz)	v'b. + h'b.	M	... 100	beliebig	v.Hd.	2
Häwa, 3 Modelle (BRD)	h'b.	M	beliebig	beliebig	v.Hd.	1
<i>1.2 Maschinen mit vertikalen Messerscheiben</i>						
Bezner Schnellschäler, 2 Modelle (BRD)	st.	M	... 40	... 2	v.Hd.	3
Wigger, 2 Modelle (BRD)	st.	M	... 40	... 2	v.Hd.	4; 5
Roos, 2 Größen, je 8 Modelle (BRD)	v'b. + h'b.	M	... 40	... 2	v.Hd.	2; 3
Jätkä, 2 Modelle (Finnland)	v'b.	M	... 35	... 1,2	v.Hd.	2
Bezner-Waldschäler, 4 Modelle (BRD)	h'b.	M	... 4 ... 18	1 ... 2,5	v.Hd.	5
Cundey's, 3 Modelle (England)	v'b. + h'b.	M	5 ... 25	1 ... 3	v.Hd.	3
Cembro, 2 Ausführungen (Finnland)	v'b.	M	4 ... 28	0,5 ... 4	v.Hd.	4; 5
KMW-BS (Schweden)	st.	M	6,5 ... 30	1 ... 2,3	masch.	7
		A				+ 100%
<i>1.3 Maschinen mit Messerköpfen</i>						
Jylhä (Finnland)	v'b.	M	3 ... 28	1 ... 3	v.Hd.	3
Bezner-Schwenkkopfschäler (BRD)	st.	M	7 ... 40	0,8 ... 2,0	masch.	6
		A				+ 150%
Bezner-Mastenschälmaschine FM (BRD)	st.	M	8 ... 40	beliebig	masch.	6
Bezner-Mastenschälmaschine FML (BRD)	st.	M	5 ... 40	beliebig	masch.	6
		A				+ 30%
Hepke-Stammholzmaschine, 3 Modelle (BRD)	st.	M	20 ... 80 ... 130	0,9 ... 6	masch.	6
Hepke-Exoten-Stammholzmaschine (BRD)	st.	M	30 ... 180	1,2 ... 5	masch.	7
Hepke-Faserholzmaschine (BRD)	st.	M	10 ... 60	0,9 ... 2,5	masch.	6
Hepke-Maschinen		A				+ 20 ... 30%
Efurd-Pfahlschälmaschinen, 3 Modelle (USA)	st.	M	5 ... 35,5	... 10,8	masch.	5
		A				+ 80 ... 100%
Efurd-Mastenschälmaschinen, 3 Modelle (USA)	st.	M	5 ... 56	... 27	masch.	6
		A				+ 10 ... 15%
Nelson (USA)	st.	A	5 ... 60	beliebig	masch.	8
Augustin (USA)	st.	M	5 ... 20,3	1,5 ... 6	masch.	4
		A				+ 50%
<i>2 Reibentrindung, Werkzeug am Stamm</i>						
<i>2.1 Maschinen mit stammparallel beweglichen Reibköpfen</i>						
Ederer-Entrinder (USA)	st.	M	ca. ... 200	ca. ... 3,3	masch.	7; 8
Nicholson-Veneer-Barker, 2 Größen (USA)	st.	M	25,4 ... 213	1,3 ... 3,43	masch.	7; 8
RFR-PK-18 (BRD)	st.	M	30 ... 180	1,2 ... 3,4	masch.	7
		A				+ ca. 30%
Jackson "Beaver", mehrere Größen (USA)	st.	M	... 77,5	4,8 ... 8,6	masch.	6
Jackson "Badger", mehrere Größen (USA)	st.	M	... 77,5	4,8 ... 11,0	masch.	6
Forano "Paybarker", 2 Größen (Kanada)	st.	M	10 ... 92	1,2 ... 6,15	masch.	6; 7
Fulghum Log Debarker (USA)	st.	M	15,5 ... 100	... 7,35	masch.	6
Albany Rosser Head, viele Größen (USA)	st.	M	... 224	... 13,4	masch.	7; 8
Sumner Rosser Head, verschiedene Größen (USA)	st.	M	15,2 ... 152	3 ... 7,9	masch.	7
Nicholson Champion-Entrinder, verschiedene Größen (USA)	st.	M	15,2 ... 152	... 9,25	masch.	7; 8
Hosmer V-20, 5 Größen (USA)	st.	M	15,2 ... 137	2,4 ... 11,0	masch.	6; 7
		A				+ 20 ... 40%
<i>2.2 Reibkopfmaschinen mit Vorschub und Rotation des Stammes</i>						
Bark Lasse (Schweden)	v'b.	M	5 ... 30	ab 1	v.Hd.	5
		A				+ 100%
Pino-Teho-Maschine (Finnland)	v'b.	M	7,5 ... 33	1 ... 3	v.Hd.	4
		A				+ 8 ... 100%
Hepke-Maschinen (BRD)	siehe unter 1.3					
Morbark Modell W, 2 Größen (USA)	v'b.	M	10 ... 45	1,2 ... 2,45	v.Hd.	6
Morbark Modell C, 3 Größen (USA)	h'b.	M	10 ... 61	1,8 ... 7,3	masch.	6
Morbark Modell EM, 2 Größen (USA)	st.	M	15,2 ... 91,5	1,8 ... 4,9	masch.	7
Morbark Modell NW, 4 Größen (USA)	st.	M	20,3 ... 122	1,8 ... 9,75	masch.	7; 8
Hosmer SB-18, 2 Typen (USA)	st.	M	15,5 ... 91	2,4 ... 6,10	masch.	6
Hosmer CS-20 (USA)	st.	M	10 ... 81	1,8 ... 6,10	masch.	7
		A				+ 30%

Gewicht (kg)	Energie- Anschluß- leistung (kW)	Wasserbedarf (m³/min)	Personal- bedarf	Mengenleistung in 8 h²	Holzverlust (%)	Bemerkungen
175 600 1380	1,5 ... 2,2 3,0 6 ... 7		1 1 1	10 ... 30 fm 10 ... 30 fm 20 ... 40 fm	1 ... 6 1 ... 6 1 ... 6	für Stammholz in fallenden Längen, für Weiß- oder Halb- schälung mit Stammadrehvorrichtung für Stammholz in fallenden Längen, für Weiß- oder Halbschälung
11; 12; 20 27 60 5,5; 6,5 27 80 ... 145 118 ... 128 39; 55	0,6 ... 1,4 0,55 1,5 0,45; 0,9 1,5 ... 2,2 1,5 ... 3 1,5 ... 1,8 1,5 ... 3 0,75 ... 1,1		1 1 1 1 1 1 oder 2 1 1 1	20 ... 35 fm 8 rm 8 rm 8 rm 10 ... 22 rm 4 ... 7 oder 8 ... 14 rm 280 ... 310 lfm 6 ... 8 rm 4 ... 7 rm	1 ... 6 6 ... 8 6 ... 8 6 ... 8 2 ... 8 6 ... 8 6 ... 8 6 ... 8 6 ... 8	für Weißschälarbeit an Betriebs- holzplätzen oder für Nachschäl- arbeit für Weiß- oder Halbschälung speziell für Masten und Pfähle
400; 830 620; 890 160 ... 610 290 ... 320 750 ... 1000 460; 510; 610 540; 1250 3200	3; 5,5 3,8; 5,5 2,2 ... 8,1 3 8 ... 11 3,0 ... 6,2 11 ... 14 22 30		1 oder 2 1 oder 2 1 oder 2 1 2 1 oder 2 1 oder 2 1 5 oder 6	6 ... 14 oder 12 ... 28 rm 6 ... 14 oder 12 ... 28 rm 6 ... 14 oder 12 ... 28 rm 15 ... 30 rm 21 ... 40 rm 10 ... 15 oder 18 ... 28 rm 20 ... 30 oder 40 ... 60 rm 70 ... 95 rm	8 ... 11 8 ... 11 8 ... 11 8 ... 14 9 ... 14 9 ... 14 3 ... 13 8 ... 13	speziell für stationäre Weiß- schäl- oder Nachschälarbeit auch von 1 Mann zu betrieben nur noch selten in Gebrauch
130 5500 12000 5300 2845 4000 7500 1000 820 ... 1070 3625 ... 5700 5500 Masch. allein 386 700	2,6 10,1 rd. 37 rd. 12 rd. 12 rd. 20 16,8 36,5 8,15 7,5 ... 15 15 ... 32 48 5,5 ... 11		2 1 6 1 1 5 1 1 1 3 1 3 1 3 ... 5 4 1 3 ... 4	21 ... 31 rm 40 ... 65 rm 2000 ... 2400 lfm 1600 ... 2000 lfm 96 fm 160 fm 24 ... 32 rm 3500 ... 4500 lfm 4000 ... 5200 lfm 3660 lfm 2500 ... 4500 lfm	8 ... 11 5 ... 13 5 ... 14 5 ... 14 1,5 ... 10 1,0 ... 6 1,5 ... 12 5 ... 14 5 ... 14 5 ... 14 5 ... 14 5 ... 14	auch von 1 Mann zu betrieben gesamte Anlage mit Nachschäler Leistung bei 40 cm Durchmesser Leistung bei 80 cm Durchmesser für Weiß- oder Halbschälung Leistung bei Mastenlänge 10,8 m Leistung bei Mastenlänge 10,0 m
8150 ... 10000 9000 6800 ... 10600 6800 ... 9650 4250 ... 5500 rd. ... 4500 9200 ... 20000 4940 ... 15000 5000 ... 15000 5450 ... 7700	67 64 20 30 15 ... 20 15 ... 20 15 ... 18 20 91 ... 104 30 ... 37 30 ... 48 20 ... 31		1 ... 2 1 ... 2 1 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 ... 2	400 ... 460 fm ca. 400 fm ca. 400 fm 115 fm 135 fm 120 fm 86 fm 130 ... 350 fm 158 fm 150 ... 340 fm 90 ... 160 fm	1,5 ... 2,5 1,0 ... 2,0 1,0 ... 2,0 1,5 ... 2,5 1,5 ... 2,5 1,5 ... 2,5 1,5 ... 2,5 1,0 ... 2,5 1,0 ... 2,5 1,0 ... 2,5 1,5 ... 2,5	Leistung bei 1,50 m Durch- messer, 1 ... 3 m Länge speziell für Furnierblöcke Leistung bei durchschnittlichem Stamminhalt von 0,18 m³
510 350 1850 ... 2000 5000 ... 6600 7200 ... 8000 9000 ... 13400 4100 6350	mind. 22 15 37 ... 52 54 64 73 19 ... 33 21		2 2 3 1 1 1 1 1 1 ... 3	30 ... 50 rm 37 ... 42 70 ... 90 rm 80 ... 120 fm 100 ... 150 fm 120 ... 200 fm 120 ... 200 fm 120 ... 200 fm	1,0 ... 2,0 1,0 ... 2,0 3 ... 8 3,5 ... 9 3 ... 9 3,5 ... 9 1,5 ... 2,5 1,5 ... 2,5	Schwierigkeiten bei 1-m-Holz; in Verbindung mit Schlepper Schwierigkeiten bei 1-m-Holz; unmittelbar an Schlepper angebaut Schwierigkeiten bei Durchmesser über 33 cm stellt jeweils komplette Entrindungsanlage dar; für Halb- und Weißschälung

Tabelle 2

Maschine (mit Angabe des Herkunftslandes)	Installations- weise ²	Umfang der Betracht. ²	geeignete Holzdimension		Art der Beschickung ²	Preisklasse ²
			Durchmesser (cm)	Länge (m)		
2.3 Ringentründungsmaschinen						
Söderhamn Cambio 35 (Schweden)	v'b.	M	5 ... 35	ab 1,0	v.Hd.	6; 7
		A			v.Hd.	+ 15 ... 25%
Söderhamn Cambio 45 (Schweden)	st.	M	5 ... 45	ab 1,0	masch.	6; 7
		A				+ 15 ... 25%
Söderhamn Cambio 54, 66, 108 (Schweden)	st.	M	7,5 ... 108	ab 1,3	masch.	7; 8; 9
		A				+ 10 ... 15%
Sund-BME-14 (Schweden)	v'b. + st.	M	5 ... 35	ab 1,0	v. Hd. od. masch.	6
Sund-BMC-24 (Schweden)	st.	M	11,4 ... 61	ab 3,35	masch.	8
Impco S 20-5 (USA)	st.	M	9 ... 51	ab 1,52	masch.	9
CHEJ 355 und 520 (Schweden)	v'b. + st.	M	5 ... 52	ab 1,0	v. Hd. od. masch.	6
CHEJ 760 (Schweden)	st.	M	10 ... 76	ab 2,0	masch.	7
VK-10, VK-16 (Finnland)	v'b.	M	4 ... 35	ab 1,0	v.Hd.	5; 6
		A			v.Hd.	+ 100%
VK-26, VK-32 (Finnland)	st.	M	10 ... 76	ab 3,0	masch.	7; 8
		A				+ 10 ... 20%
Peto 66 (Finnland)	st.	M	10 ... 66	ab 2,0	masch.	7
Söderhamn Ombiac 40'', 50'', 60'' (USA, Kanada)	st.	M	13 ... 152	ab 2,4	masch.	8; 9
Söderhamn R-V, 2 Größen (USA, Kanada)	st.	M	13 ... 109	ab 3,0	masch.	7; 8
Summer-Entrinder, 4 Größen (USA)	st.	M	13 ... 162	ab 3,7	masch.	7; 8
Nicholson Accumat, viele Größen (USA)	st.	M	10 ... 183	ab 2,45	masch.	7; 8; 9
Ingersoll-Rand 16-M (USA)	v'b.	A	10 ... 40	ab 1,2	v.Hd.	7
Hydrobark (BRD)	v'b.	M	5 ... 35	ab 1,0	v.Hd.	6
		A				+ 60%
3 Reibentründung, Stamm an Stamm						
3.1 Trog- oder Taschenentründungsmaschinen						
Finshyttan, 2 Größen (Schweden)	st.	M	4 ... 40	2; 3	masch.	8
Waplan, 3 Größen (Schweden)	st.	M	4 ... 40	2; 3	masch.	7; 8
Warkaus, 3 Größen (Finnland)	st.	M	4 ... 40	1; 2; 3; 4	masch.	7
für alle Maschinen oben		A			masch.	+ 25%
Hanke-Entrinder (BRD)	st.	M	4 ... 40	1,0	v. Hd. od. masch.	6
		A				+ 15%
für alle 4 Maschinen meist zusätzlich thermische Vorbehandlung	st.	A	wie Maschine		masch.	+ 130 ... 180%
3.2 Entründungstrommeln						
Paschke-Trommel, Größen 0, 1, 2 (BRD)	st.	M	5 ... 40	0,5 ... 1,2	masch.	6; 7; 8
bei Größe 2		A	5 ... 40	1	masch.	8 + 50 ... 120%
F.M.P.-Trommel, verschiedene Größen (USA)	st.	M	5 ... 40	0,5 ... 2	masch.	8; 9; 10
Schulerud-Trommel, verschiedene Größen (Norwegen, Finnland)	st.	M	5 ... 40	0,5 ... 2	masch.	9; 10
Waplan-Trommel für Kurzholz, verschiedene Größen (Schweden)	st.	M	5 ... 40	0,5 ... 2	masch.	6; 7; 8; 9; 10
Waplan-Trommel für Langholz, 2 Größen (Schweden)	st.	M	8 ... 50	3 ... 8	masch.	10
Wilén-Trommel, verschiedene Größen (Finnland)	st.	M	5 ... 40	0,5 ... 2	masch.	8; 9; 10
Kamyr-Trommel (Norwegen)	st.	M	5 ... 40	0,5 ... 2	masch.	10
Warkaus-Trommel, 2 Typen (Finnland)	st.	M	5 ... 40	0,5 ... 2	masch.	10
Ingersoll-Rand-Weldrum, verschiedene Größen (USA)	st.	M	5 ... 40	0,5 ... 2	masch.	9; 10
Escher-Wyss-Trommel, verschied. Größen (BRD)	st.	M	5 ... 40	0,5 ... 2	masch.	... 10
Hanson-Trommel, verschied. Längen (Kanada)	st.	M	5 ... 40	0,5 ... 2	masch.	8; 9; 10
Trommel-Anlagen, kontinuierliche Arbeitsweise bei allen Trommeln oft zusätzlich thermische Vorbehandlung	st.	A	5 ... 40	0,5 ... 2	masch.	+ 90 ... 160% + 20 ... 50%
4 Wasserstrahl-Entründungsmaschinen						
Schongau-Maschine (BRD)	st.	M	5 ... 40	1	masch.	7
		A				+ 200%
Zellerbach-Drehbank-Entrinder (Kanada)	st.	M	30 ... 180	1,3 ... 3,5	masch.	9
Weyerhaeuser-Ketten-Entrinder, verschiedene Größen (USA)	st.	M	15 ... 60	ab 2,0	masch.	9
Bellingham-Entrinder (USA)	st.	M	... 366	... 14,6	masch.	9; 10
Streambarker (USA)	st.	M	15 ... 61	... 2,5	masch.	8; 9
Filer & Stowell-Entrinder (USA)	st.	M	15 ... 111	ab 1,5	masch.	8; 9
Hansel-Oscillating-Arm (USA)	st.	M	15 ... 214	ab 2,0	masch.	9
Simons-Entrinder (USA)	st.	M	15 ... 200	ab 2,0	masch.	8
Hansel-Ring-Entrinder (USA)	st.	M	15 ... 188	ab 2,5	masch.	9
Wasserstrahl-Entründungsanlagen	st.	A	5 ... 300	ab 1,0	masch.	+ 80 ... 250%

(Fortsetzung)

Gewicht (kg)	Energie- Anschluß- leistung (kW)	Wasserbedarf (m³/min)	Personal- bedarf	Mengenleistung in 8 h²	Holzverlust (%)	Bemerkungen
2000 ... 2700	18					
1300 ... 2620	18 ... 27		2 ... 4	95 ... 120 rm	1,0 ... 1,7	Faserholz-Maschinen
	21 ... 31		1	120 ... 175 rm	0,8 ... 1,5	
3500 ... 30000	33,5 ... 80					Stammholz-Maschinen
	37 ... 90		1 ... 2	2000 ... 2400 St.	0,5 ... 1,4	
3000	18		2 ... 4	100 ... 120 rm	1,0 ... 1,5	Leistung bei 5 m Stammlänge
14000	37		1 ... 2	120 ... 170 rm	1,0 ... 1,4	
13000	39		1	120 ... 170 rm	1,0 ... 1,4	werden z. Z. nicht hergestellt
2800 ... 4900	16,5 ... 28,5		1 ... 4	95 ... 170 rm	1,0 ... 1,4	
8000	24		1	2000 ... 2400 St.	0,8 ... 1,3	29 kW bei beweglichen Maschinen
1100; 1600			2 ... 4	70 ... 110 rm	1,0 ... 1,7	
5380; 10100	35,5; 47,5				0,8 ... 1,5	Antrieb durch Schlepper oder Unimog; Maschine auch stationär erhältlich
6400	40 ... 52		1 ... 2	185 ... 300 fm		Leistung bei 0,156 m³ Stamminhalt
	29,5		1	150 ... 300 fm	0,8 ... 1,5	
19350 ... 42100	61 ... 100		1	200 ... 450 fm	0,5 ... 1,3	halbautomatische Arbeitsweise
5000; 14900	30 ... 40		1	150 ... 300 fm	0,8 ... 1,3	
1610 ... 18190	33 ... 107		1	200 ... 450 fm	0,5 ... 1,3	voll- und halbautomatisch
5000 ... 35000	34 ... 133		0 ... 1	200 ... 450 fm	0,4 ... 1,3	
4260	80		2 ... 6	100 ... 180 rm	1,0 ... 1,7	auch stationär erhältlich
1500	18		1		1,0 ... 1,7	
			4	120 ... 150 rm		Antrieb d. Schlepper oder Unimog
16000 ... 22000	35 ... 100	... 1	1	100 ... 400 rm	0,1 ... 0,5	auch für die Entrindung von
9000 ... 19000	37 ... 51	1 ... 1,5	1	100 ... 400 rm	0,1 ... 0,5	
6500 ... 27000	30 ... 50	1 ... 1,5	1	100 ... 500 rm	0,1 ... 0,5	besonders dünnem Holz geeignet
	40 ... 80	1 ... 1,5	1 ... 2	100 ... 500 rm	0,1 ... 0,5	
6740	18,5	0,5 ... 1	1		0,1 ... 0,5	dazu Dampfverbrauch 60 ... 150 kg/
			1 ... 2	32 ... 96 rm	0,1 ... 0,5	
			0 ... 1			rm und Weißeverlust 1 ... 5 Punkte
6500 ... 28000	9 ... 40	0,2 ... 0,5				diskontinuierliche Arbeitsweise
	40 ... 58	1	3 ... 6	20 ... 100 rm	0,1 ... 1,5	
38600 ... 225000	55 ... 300	0; 1 ... 2	—	120 ... 1600 rm	0,7 ... 1,5	in Ketten aufgehängte Trommel
... 195000	35 ... 200	1 ... 2	—	300 ... 700 rm	0,8 ... 1,6	
30000 ... 220000	15 ... 200	0,35 ... 3	—	180 ... 800 rm	0,8 ... 1,6	hydraulisch gelagerte Trommeln
150000; 190000	160 ... 180	6	—	400 ... 1000 rm	0,4 ... 0,8	
50000 ... 140000	44 ... 66	0; 1 ... 2	—	100 ... 1000 rm	0,8 ... 1,6	rollengelagerte Trommeln
155270	220 ... 250	0; 1 ... 2	—	350 ... 800 rm	0,8 ... 1,3	
ca. 130000	230	0; 1 ... 3	—	250 ... 960 rm	0,8 ... 1,3	ohne termische Vorbehandlung
108000 ... 143000	110; 220	0; 0,5 ... 2	—	200 ... 800 rm	0,8 ... 1,3	
... 209000	... 324	0; 0,5 ... 2	—	200 ... 800 rm	0,8 ... 1,5	dazu Dampfverbrauch 60 ... 150 kg/
27000 ... 112000	75 ... 185	0; 0,5 ... 2	—	200 ... 800 rm	0,8 ... 1,3	
50000 ... 350000	50 ... 500	0 ... 6	2 ... 4 ... 8	120 ... 1000 rm	0,1 ... 1,6	rm und Weißeverlust 1 ... 5 Punkte
		0,5 ... 1,5				
6500	200	4	1		0,05 ... 0,2	Sonderanfertigung, nicht in
27000	300	4	8	120 ... 240		
	735	2	1	500 ... 900 St.	0,5 ... 3	Serie hergestellt
	330	3,8	1	180 ... 240 fm	0,5 ... 3	
	370 ... 740	4 ... 5	1	1650 fm	0,5 ... 3	vollautomatische Maschinen
	260 ... 610	2,5 ... 3,5	—	160 ... 560 rm	0,5 ... 5	
23000	300 ... 450	2,3	—	200 ... 600 fm	0,5 ... 3	Leistung bei Stammlänge 4,90 m,
4500 ... 15000	450 ... 1100	3,8 ... 4,5	—	455 fm	0,5 ... 3	
	1700	6,4 ... 6,8	—	300 ... 600 fm	0,5 ... 3	dei dünnen Stämmen hoher Holz-
4500 ... 15000	490 ... 1200	4,1 ... 5,7	1	450 ... 2400 St.	0,5 ... 3	
						verlust
	250 ... 2000	2 ... 7	2 ... 3	450 ... 2400 St.	0,1 ... 3	

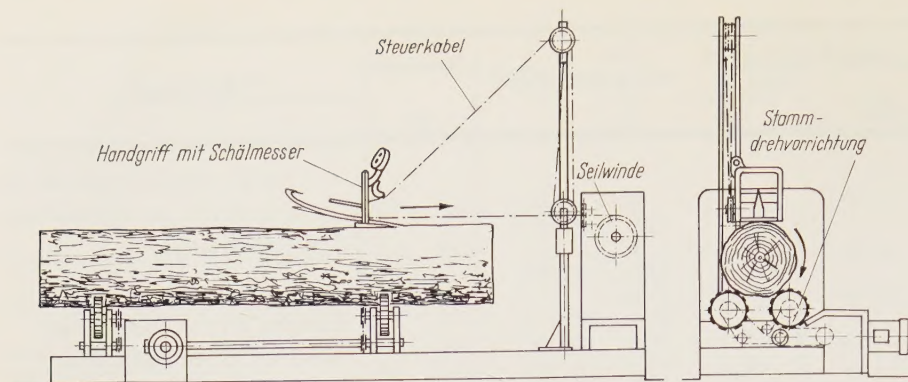


Bild 3. Handgeführte Entrindungsmaschine mit Zugmesser und Stamm-drehvorrichtung. Bauart RSM, Friedrichsdorf, Westf.

Innerhalb der ersten Maschinengruppe, den handgeführten, maschinellen Entrindungswerkzeugen (1.1), sind drei Maschinentypen zu unterscheiden: Maschinen mit Zugmessern (Valentin- und RSM-Maschinen), Maschinen mit Schubmessern (Römer) und nach dem Fräsprinzip arbeitende Maschinen. Letztere lassen sich in Maschinen einteilen, bei denen das handgeführte Fräswerkzeug durch eine steife Welle unmittelbar mit dem Motor verbunden ist (Ekström, Magini, Flex, Bark-King), und in Maschinen, bei denen das Werkzeug über einen Bowdenzug angetrieben wird (Demaillet, Boutheon, Rapide, Häwa). Die Bilder 3 bis 5 veranschaulichen die Arbeitsweise dieser Maschinen. Die jeweils bemerkenswerten Maschinendaten gehen aus Tabelle 2 hervor.

Im Unterschied zu den vorgenannten Maschinen ist bei Maschinen mit vertikalen Messerscheiben (1.2) das Entrindungswerkzeug untrennbar in die gesamte Maschineneinheit eingegliedert und kann nicht mehr am Holz entlanggeführt werden. Nach der Art der Holzzuführung kann unterschieden werden zwischen Maschinen, bei denen die Stämme mit der Hand an der mit Entrindungsmessern besetzten rotierenden Scheibe vorbeigeführt werden müssen (Bezner-Schnellschäler, Wigger-, Roos-, Jätkä-3-Maschinen) und Maschinen, bei denen dieser Vorgang automatisch vollzogen wird (Jätkä-4, Bezner-Waldschäler, Cundeys, Cembro, KMW). Erstere Maschinen eignen sich ebenso wie die zur vorherigen Gruppe gehörenden Maschinen (1.1) vornehmlich zum Nachschälen von Holz, das von automatischen Maschinen unvollständig entrindet wurde, und zum Vollschälen solcher Stücke, die sich für Maschinen mit automatischer Arbeitsweise nicht eignen (Scheitholz, unförmiges Holz, sehr ästiges Holz). Die ausschließliche

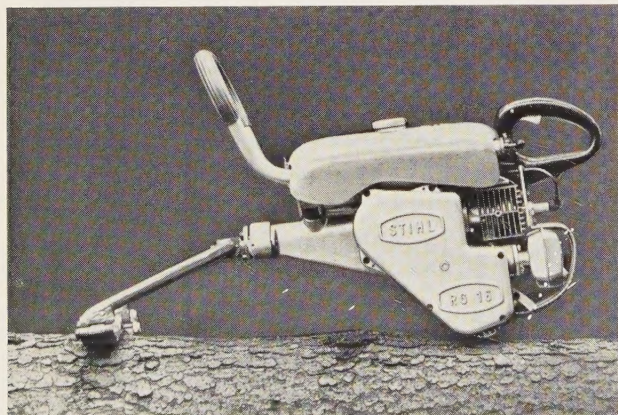


Bild 4. Handgeführte Entrindungsmaschine mit Schubmesser und automatischem Vorschub, Modell RG 16. Bauart Römer, Hersteller: Stihl, Waiblingen.

Führung des Holzes von Hand läßt eine individuelle Behandlung zu, deren Vorteile in einwandfreier Weißschälung und bei geeignetem Personal im verhältnismäßig geringen Holzverlust liegen. Die Anforderungen an das Bedienpersonal sind hoch, denn neben dem Wegbringen des Prügels müssen auch während der Entrindung selbst in Form von schraubenförmigem Vorwärtsdrehen physische Arbeit geleistet und stets beobachtende Aufmerksamkeit geübt werden. Die Entrindungsleistung ist da-

bei mit 6 ... 14 rm/8 h sehr gering. Höhere Leistungen (20 ... 40 rm/8 h) erreichen Maschinen mit selbständiger Führung des Holzes entlang der Messerscheibe.

Aus Bild 6 und der Tabelle 2 sind nähere Einzelheiten über die Maschinen dieser Gruppe zu entnehmen.

Kennzeichnend für die Maschinen mit Messerköpfen (1.3) sind scharfe Messer, die an kleinen rotierenden Scheiben oder Walzen am Ende eines über dem zu entrindenden Stamm pendelnden Armes montiert sind. Bei den meisten dieser Maschinen wird der Stamm in drehender Bewegung unter dem Entrindungswerkzeug vorbeigeführt.

Die schneidenden Messerkopfmaschinen sind vorwiegend für den stationären Einsatz konstruiert (Ausnahme: Jylhä-Maschine, Bild 7). Insbesondere fallen unter diese Maschinengruppe die Pfahl- und Mastenschälmaschinen von Bezner (Bild 8), Efurd (Bild 9), Nelson und Augustin. Daneben haben der bekannte Bezner-Schwenkkopfschäler (Bild 10) als Faserholz-Entrindungsmaschine und die Hepke-Maschinen (Bild 11) als Stammholz-Entrindungsmaschinen eine größere Bedeutung. Tabelle 2 gibt die einzelnen Daten der Maschinen an.

Bei den Maschinen der zweiten Hauptgruppe (2) wird mit am Stamm reibenden, schabenden, scherenden,

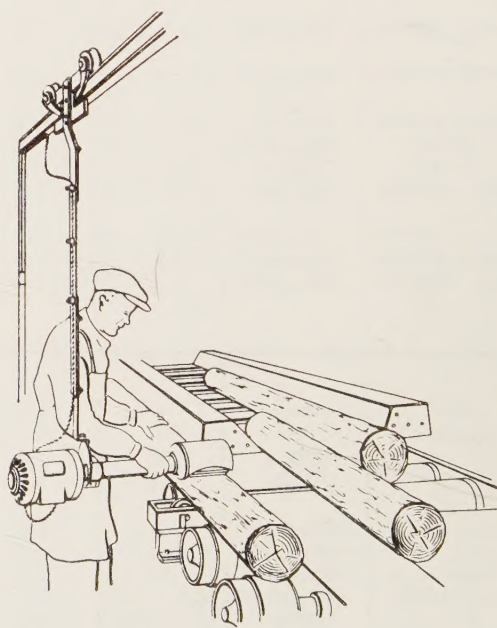


Bild 5. Handgeführtes Entrindungs-Fräswerkzeug, das durch eine Welle unmittelbar mit dem Motor verbunden ist. Bauart Ekström, Schweden.

quetschenden, schlagenden oder reißen den stumpfen Werkzeugen entrindet. Prinzip aller Maschinen mit stumpfen Werkzeugen ist es, die schützende Außenschicht des Holzes an der Stelle des geringsten Widerstandes, der Kambialzone zwischen Holz und Rinde, zu trennen. Wegen der Stumpfheit der Werkzeuge wird im allgemeinen die härtere Holzschicht unter dem weichen Kambium nicht angegriffen. Bedeutende Holzverluste entstehen daher

bei den kambiumscherenden Maschinen nicht. Allerdings ist die Entrindungsgüte allgemein geringer als bei Messerschälmaschinen. In der Abhängigkeit des Entrindungsergebnisses vom jeweiligen Holzzustand (Berindungsgrad, Jahreszeit, Zustand des Kambiums) liegt ein wesentlicher Unterschied zu den schneidenden Entrindungs-
maschinen, deren Arbeitsgüte in geringem Maße diesen Einflüssen unterliegt.

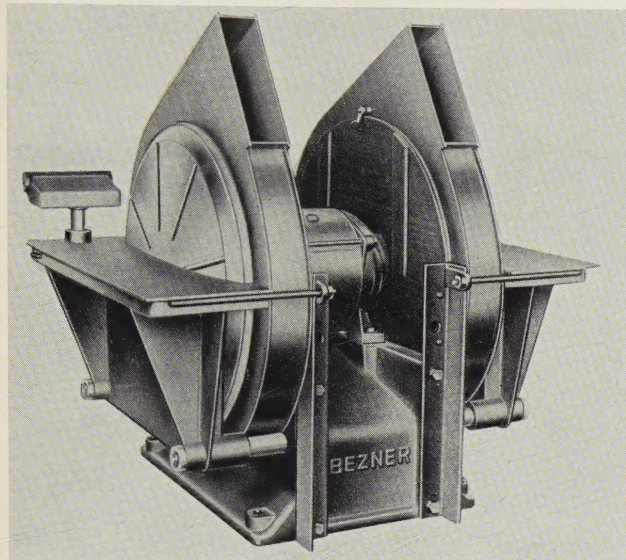


Bild 6. Messerscheiben-Maschine, Modell RSE II d für stationären Einsatz. Bauart Bezner, Ravensburg.

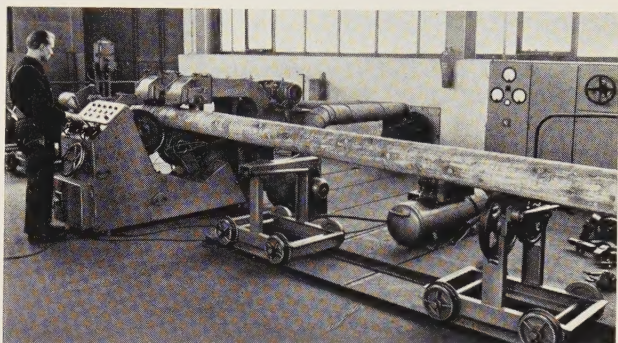


Bild 8. Mastenschälmaschine, Modell FM. Bauart Bezner, Ravensburg.

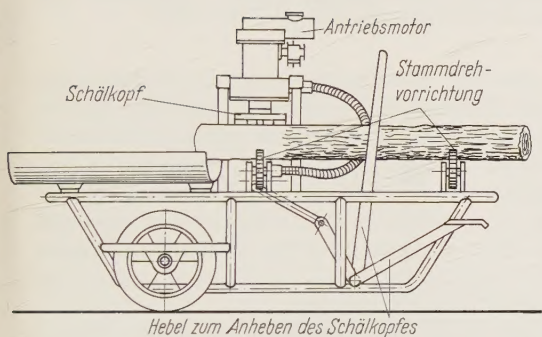


Bild 7. Maschine mit über dem Stamm arbeitendem Messerkopf. Bauart Jylhä, Finnland.

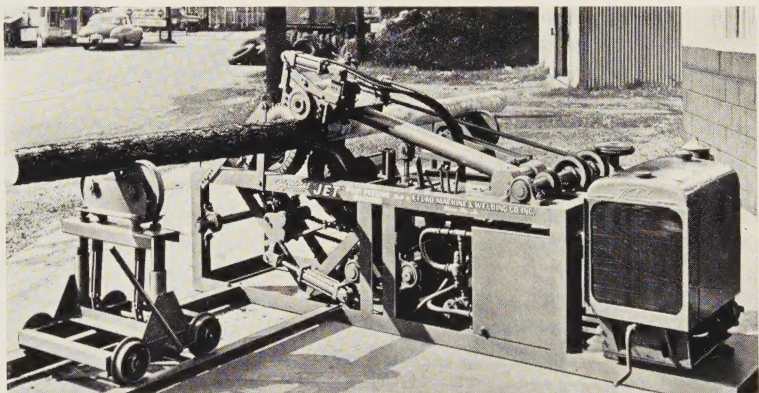


Bild 9. Pfahl- und Mastenschälmaschine, Modell Hurricane „Jet“. Bauart Efurd, USA.

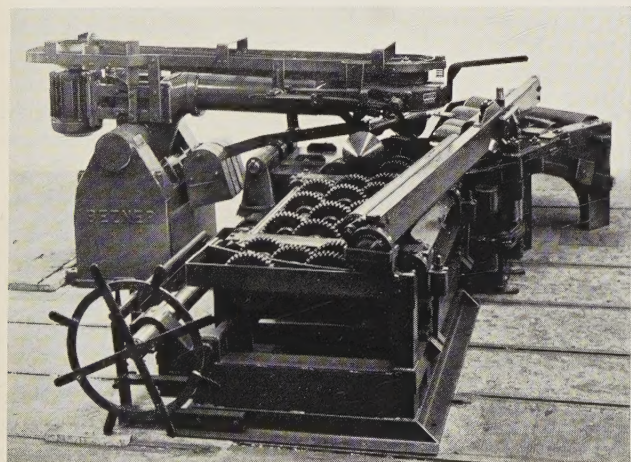


Bild 10. Schwenkkopfschäler. Bauart Bezner, Ravensburg.



Bild 11. Stammholz-Entrindungsmaschine, Modell H 22/227/01. Bauart Hepke, Augsburg.

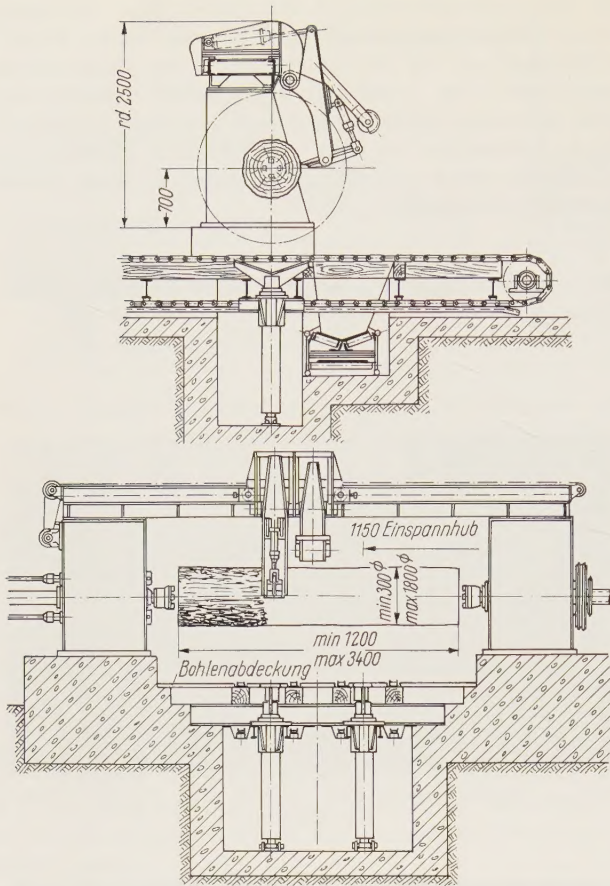


Bild 12. Drehbank-Entrinder, Modell PK-18. Bauart RFR, Hamburg.

Als erste sind die Maschinen zu nennen, bei denen die Entrindungswerkzeuge am rotierenden Stamm entlanggeführt werden (2.1). Die besonderen Merkmale dieser Gruppe von Entrindungsmaschinen sind Halbautomatik sowie Eignung für begrenzte Holzlängen und vornehmlich größere Holzdurchmesser (Sägeblöcke, Furnierblöcke). Sämtliche Arbeitsgänge werden von einem Bedienungsstand aus mittels Schalter und Druckknöpfen gesteuert. Eine individuelle Anpassung an die jeweiligen Holzvoraussetzungen ist daher in gewissem Umfang möglich. Schematisch gesehen gilt bei allen Maschinen dieses Typs folgendes Arbeitsspiel: Beschickung des Vorrattisches vor der Ent-

rindungsmaschine; Übernahme des Stammes zwischen Spindeln oder auf Rollenpaare, die den Stamm in Drehung versetzen; Absenken des Entrindungswerkzeuges auf den Stamm; Entrindung durch Entlangbewegen des Werkzeuges am rotierenden Stamm; Ausstoß des entrindeten Holzes. Die Entrindungsköpfe sind als Schab- oder Reißwerkzeuge, als Hammer, als Kettenglieder oder als Dreschflügel ausgebildet, die alle das Kambium zerquetschen und die Rinde ablösen.

Ähnlich einer Furnier-Schälmaschine arbeiten der amerikanische Ederer-Entrinder und der Nicholson-Veneer-Barker sowie die deutsche RFR-PK-18-Entrindungsmaschine (Bild 12). Bei den übrigen Maschinen dieser

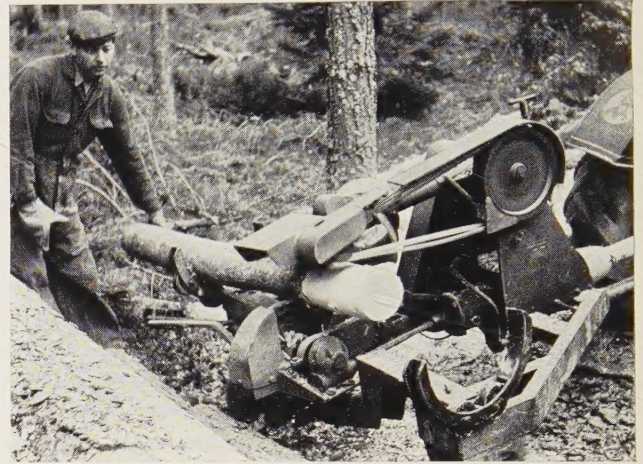


Bild 14. Entrindungsmaschine mit über dem Stamm arbeitendem schraubenförmigem Reibwerkzeug, Modell Bark-Lasse 200. Bauart AB Partner, Mölndal, Schweden.

Gruppe werden die Stämme während des Entrindungsvorganges auf Führungsrollen gedreht [Jackson, Forano, Fulghum, Albany, Sumner, Nicholson (Bild 13), Hosmer]. Die Arbeitsweise dieser Maschinen ist sehr einfach, was sich in geringer Störanfälligkeit, gesichertem Dauerbetrieb und unbedeutendem Reparaturaufwand auswirkt. Einzelheiten über die verschiedenen Maschinenfabrikate, die fast alle amerikanischer Herkunft sind, gehen aus Tabelle 2 hervor.

Die in der nächsten Gruppe (2.2) aufzuzeigenden Maschinen, bei denen die Entrindungswerkzeuge über oder unter den drehend an ihnen vorbeigeschobenen Stämmen arbeiten, unterscheiden sich von den früher behandelten Messerkopfmaschinen (1.3) im wesentlichen nur durch die Ausführung der Werkzeuge, die hier eine kambiumscherende anstatt einer spanabhebenden Funktion erfüllen. Die Rinde wird entweder schraubenförmig abgerieben, gehämmert, geschlagen oder gerissen; ein Angriff der Holzsubstanz erfolgt im allgemeinen nicht. Die Entrindungsgüte ist dementsprechend geringer als bei den schneidenden Messerkopfmaschinen.

Für beweglichen Einsatz und Entrindung von Faserholz haben sich die beiden skandinavischen Bark-Lasse- (Bild 14)

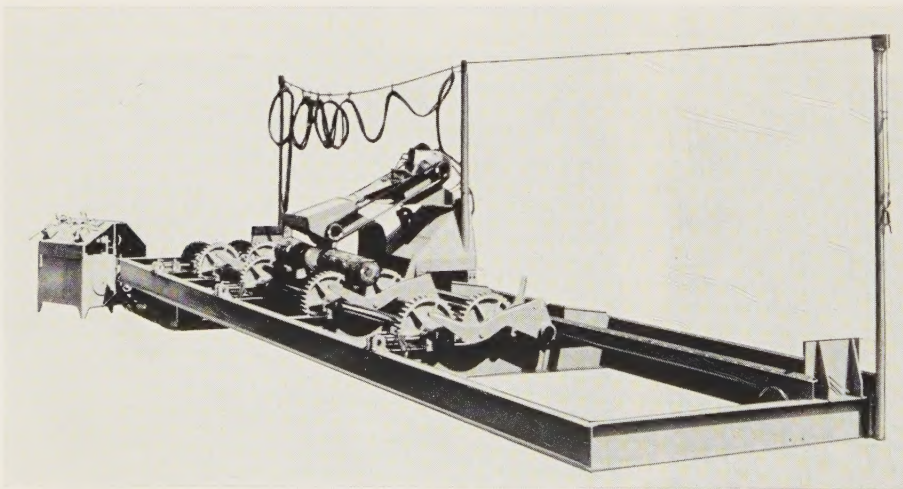


Bild 13. Entrinder mit stammparallel beweglichem Werkzeugarm, Modell Champion. Bauart Nicholson, USA.

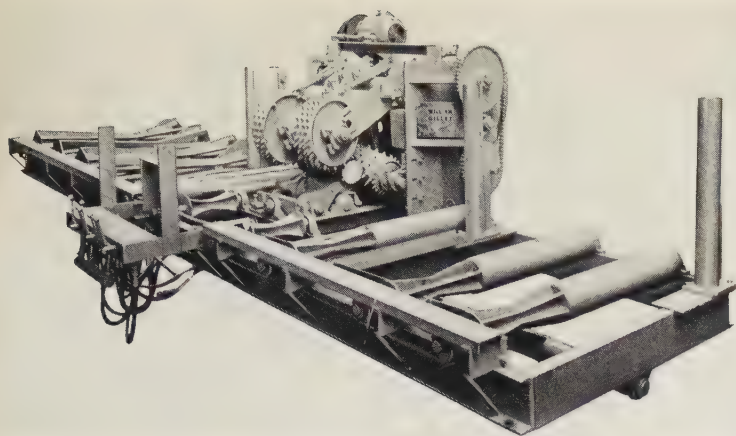


Bild 15. Entrindungsmaschine mit unter dem Stamm arbeitendem Werkzeug, für beweglichen und stationären Einsatz. Bauart Morbark, USA.

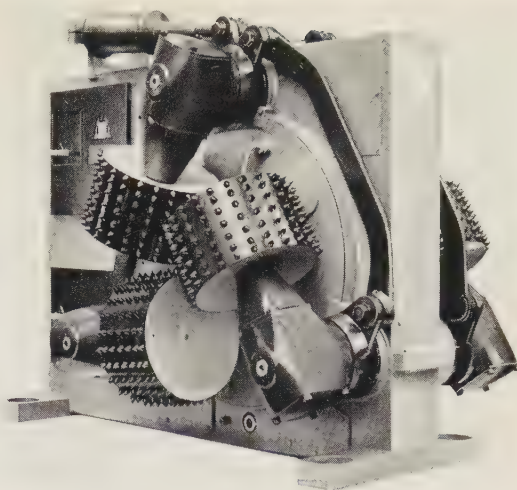


Bild 16. Ringentrindungsmaschine Typ Cambio 70-45 AA. Bauart Söderhamn, Schweden.



Bild 17. Ringentrindungsmaschine Typ VK 16. Bauart Valon Kone, Finnland.

und Pino-Teho-Maschinen eingeführt. Ein sehr umfangreiches Maschinenprogramm und eine in den USA bedeutende Marktstellung weisen die Morbark-Maschinen auf, deren besonderes Merkmal der pendelnde Werkzeugarm ist, der von unten gegen den in Drehbewegung geführten Stamm drückt (Bild 15). Als Entrindungskopf dient eine rotierende Walze mit schraubenförmig angeordneten Reihen von karbidgehärteten Stiften. Hinzuweisen ist schließlich noch auf das neue Modell CS-20 der Firma Hosmer, das mit vier getrennt durch Druckluft steuerbaren Werkzeugarmen arbeitet, die mit auswechselbaren Metallplatten besetzt sind. Durch die Anordnung mehrerer schmaler Werkzeuge nebeneinander wird eine gute Anpassung an die Konturen der Stammoberfläche erreicht. Nähere Angaben über die vorgenannten Maschinen sind aus Tabelle 2 zu entnehmen.

Die größte Neuerung auf dem Gebiet der maschinellen Entrindung brachten die sog. Ringentrindungsmaschinen, bei denen die Stämme ohne Drehung durch einen mit sichelförmigen Werkzeugen besetzten Rotor hindurchgeführt werden. Die Entwicklung führte über die Åström- (1945) und die Andersson-Maschinen (1950) zu den Söderhamn „Cambio“- (ab 1953; Bild 16) und ihnen ähnlichen Maschinen [Sund, Impco, CHEJ, Valon Kone (Bild 17), Peto, Söderhamn Ombiac und R-V, Sumner, Nicholson (Bild 18), Ingersoll-Rand-16-M, Hydrobark], die sich untereinander durch Anzahl, Form, Material, Aufhängung und Belastung der Reib-Entrindungswerkzeuge unterscheiden. Der Andruck dieser Werkzeuge auf das Holz wird pneumatisch, hydraulisch und durch Federkraft, durch Fliehkraft oder durch eine Kombination mehrerer dieser Möglichkeiten bewerkstelligt.

Für alle Maschinen gelten in gleicher Weise die folgenden Merkmale: Eingliederung der Maschine in einen Längstransport; Einführung der Stämme mittels Führungswalzen oder -räder, die gleichzeitig Vorschub- und Zentrierungsfunktion erfüllen; Entrindung durch sich bei Berührung der Stammstirnseiten selbst öffnende, rotierende Ritz- und Schabwerkzeuge; Weiterleitung der entrindeten Stämme durch ähnliche Führungswalzen oder -räder wie vor

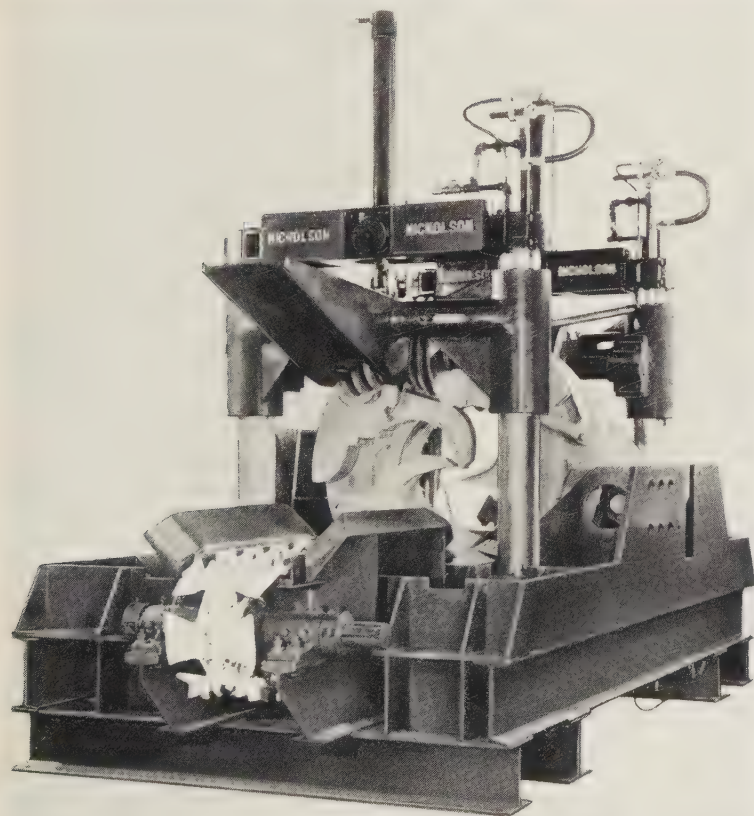


Bild 18. Ringentrindungsmaschine für stärkeres Stammholz. Bauart Nicholson, USA.

dem Rotor. Hervorzuheben ist die vollautomatische Arbeitsweise, die grundsätzlich kein Bedienungspersonal erfordert.

Dank der Ringentrindungsmaschinen hat sich die maschinelle Entrindung nun endlich auch im Forstwesen für den Einsatz im Wald eingeführt. Durch verschiedene Kombinationen, sei es als Anbauten an Traktoren, sei es als Aufbauten auf LKW-Ladebrücken oder als fahrbare Anhänger hinter Schlepp- und/oder Antriebsfahrzeugen (Bild 17) wird den verschiedenen Voraussetzungen und Erfordernissen Rechnung getragen. Daneben haben die Ringentrindungsmaschinen auch als stationäre Anlagen raschen Eingang gefunden.

Die wichtigsten Daten und einige Unterschiede zwischen den verschiedenen Maschinen dieser Art werden in Tabelle 2 und den Bildern 16 bis 18 aufgezeigt.

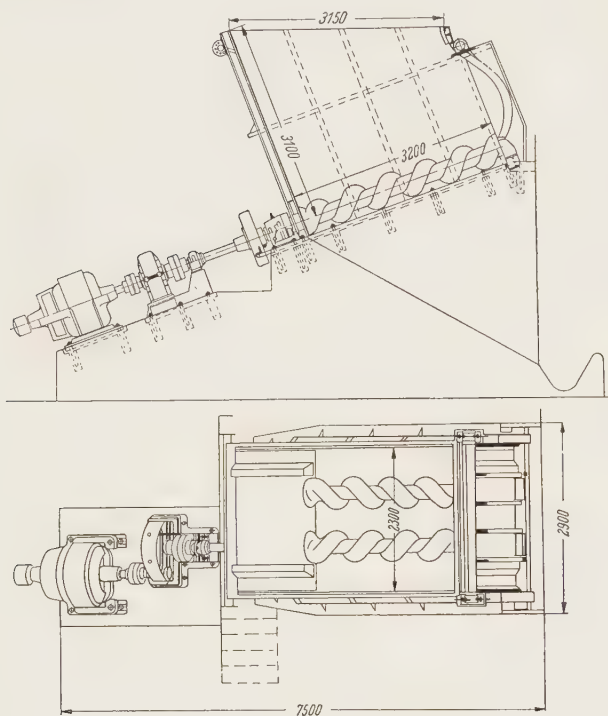


Bild 19. Taschenentrindungsmaschine mit Spiralwalzen als Bewegungsorgane; Seitenansicht und Draufsicht. Bauart Finshyttan, Schweden.

Die Maschinen der dritten Hauptgruppe entrinden nach dem Prinzip der gegenseitigen Reibung einer Mehrzahl von Hölzern innerhalb eines Bewegung erzeugenden Behälters. Zur Holz-an-Holz-Reibung treten meist noch Fall- und Schlageffekte und Berührung mit Stahlelementen (Ketten, Wände des Entrindungsbehälters) hinzu. Am reinsten wird die Holz-an-Holz-Reibwirkung bei den Maschinen erreicht, bei denen die Stämme während des Entrindungsvorganges stets in längsparalleler Richtung aneinander abrollen. Außer bei einigen sehr kleinen, diskontinuierlich arbeitenden Trommeln bleibt eine Parallelage der Hölzer während der Entrindung nur bei den sog. Trog- oder Taschenentrindungsmaschinen erhalten. In größeren Trommeln, die mit verhältnismäßig kurzen Holzstämmen gefüllt sind, durchwandern dagegen die Knüppel in ungeordnetem Zustand den Entrindungsraum und stoßen dabei auch stirnseitig gegeneinander und gegen die Trommelwände, so daß stets Aufsplitterungen an den Mantelflächen und den Schnittkanten auftreten, die bei paralleler Holz-an-Holz-Reibung vermieden werden. Bei

Betrieben, denen das Rohholz weder waldfresh noch auf dem Wasserwege zugeführt wird oder die ihren Vorrat nicht mindestens einen Monat lang vor Gebrauch in Seen, Flüssen oder Bassins lagern, wird der Holz-an-Holz-Reib-entrindung eine kurze thermische Holzvorbehandlung als Voraussetzung für eine qualitativ zufriedenstellende Entrindung vorgeschaltet. Etwa 2 ... 4 h vor der Entrindung wird das Holz in Kammern gelegt, in denen Heißwasser, Heißdampf oder eine Kombination von beiden die Verbindung von Holz und Rinde lockert. Diese Maßnahme der Vorbehandlung zieht vor allem dann beträchtliche Kosten nach sich, wenn der durch die hohen Temperaturen von 80 ... 95° C verursachte Weißeverlust des Holzes bei der Weiterverarbeitung durch teure Bleichmittel wieder ausgeglichen werden muß.

Bei den Trog- oder Taschenentrindungsmaschinen (3.1) muß zwischen diskontinuierlich und kontinuierlich arbeitenden Maschinen unterschieden werden. Für erstere gilt folgendes Arbeitsspiel: Die Stämme müssen auf gleiche

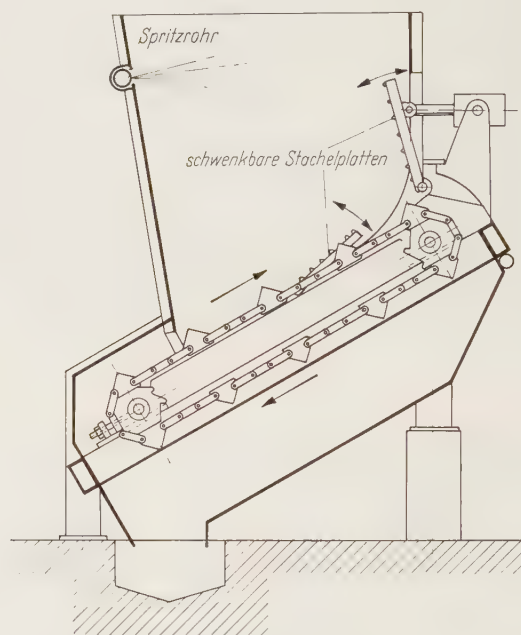


Bild 20. Taschenentrindungsmaschine mit Ketten als Bewegungsorgane. Bauart Warkaus, Finnland.

Längen, die der Maschinengröße entsprechen (1 ... 4 m), abgeschnitten werden; sodann werden sie zu einem größeren Bündel zusammengefaßt und mit einem Hebezeug in den Trog gelegt; unter dem Holzpaket liegende, aufwärts geneigte Organe setzen die Stämme derart in Bewegung, daß sie ständig aneinander abrollen. Nach angemessener Zeit wird der Entrindungstrog entweder durch Öffnen der Vorderwand oder mittels eines Hebezeuges wieder entleert. Die wichtigsten Maschinenfabrikate sind die Finshyttan- (Bild 19), die Waplan-, die Warkaus- (Bild 20) und die Hanke-Entrindungsmaschine (Bild 21). Die kontinuierlich arbeitenden Maschinen (Thorne, IKR und Waplan-Orsell-Maschinen) erzielen nur sehr mangelhafte Entrindungsqualität, so daß sie heute in der Praxis kaum mehr Verwendung finden. Die Leistungs- und Verbrauchsdaten der stets noch sehr häufig anzutreffenden, kostengünstigen diskontinuierlich arbeitenden Trog- oder Taschenentrindungsmaschinen sind aus Tabelle 2 zu entnehmen.

Wie die Ringentrindungsmaschinen unter den Einstamm- so nehmen die Entrindungstrommeln (3.2) unter

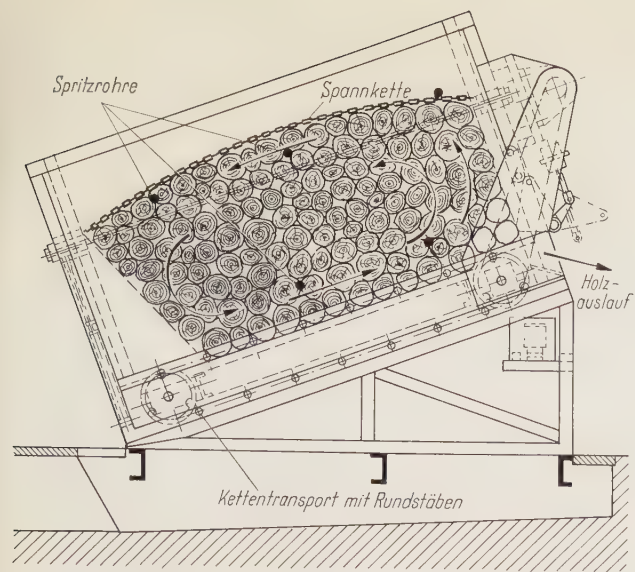


Bild 21. Taschenentrindungsmaschine Hanke HE-10/100 mit Kettentransport und Spannketten, Bauart Bezner, Ravensburg.

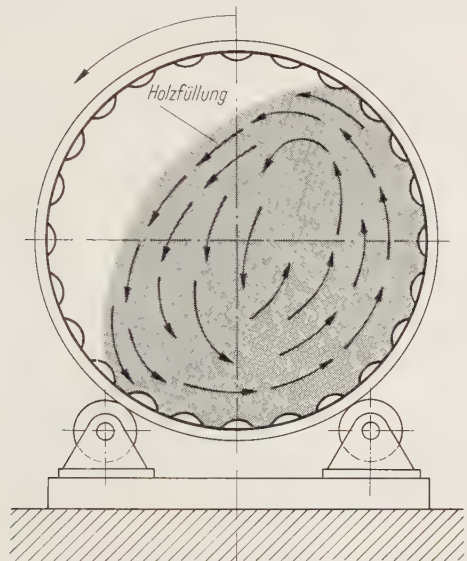


Bild 22. Bewegungsprinzip des Holzes in einer Entrindungstrommel.

den Mehrstamm-Entrindungsmaschinen die bedeutendste Stellung ein. Der Entrindungsvorgang findet in einem waagrecht rotierenden zylindrischen Behälter statt, dessen Wand innen profiliert und mit Schlitzen für den Austritt des Schälabgangs versehen ist. Die heute vorherrschenden

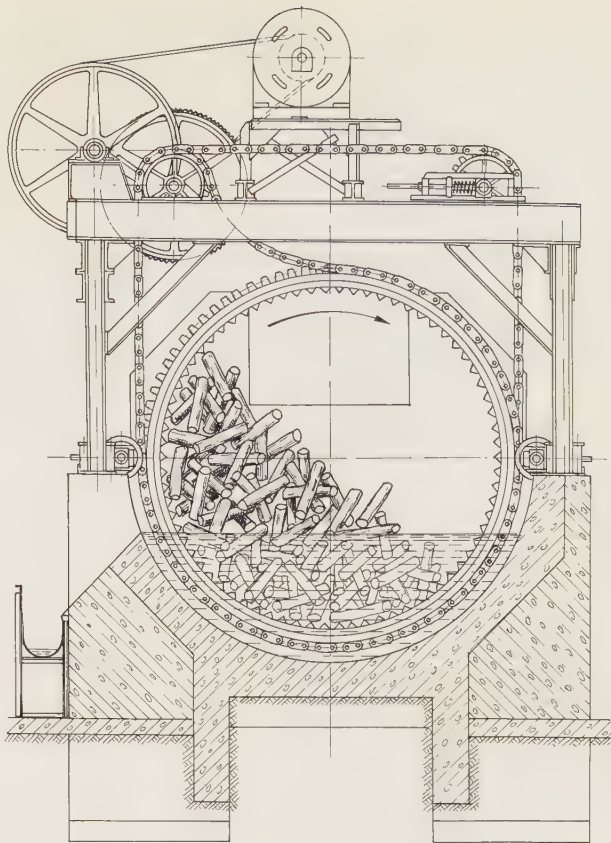


Bild 23. In Ketten aufgehängte Entrindungstrommel. Bauart Fiber Making Processes Inc., USA.

Trommeltypen sind kontinuierlich arbeitende Großbraumtrommeln, die in der Regel mit Faserholz von 1 ... 2 m Länge gefüllt werden. Die Hölzer durchwandern in ungeordnetem Zustand den Trommelraum. Durch die Drehung der Trommel wird die in ihr liegende Holzmasse stets nach einer Seite nach oben gefördert, bis an der Grenze der Fliehkraft und des gegenseitigen Zusammenhalts die Prügel einzeln oder in kleinen Gruppen in Längs- oder Querrichtung herabgleiten und sich dabei aneinander und an der neu hinaufgeführten Holzmasse reiben, um sich neuerdings in den Bewegungsprozeß einzuordnen (Bild 22). Hierbei befindet sich nicht nur das ineinander verfilzte Holzpaket als ganzes in Bewegung, sondern stets auch die einzelnen Prügel in ihm, wenngleich in geringerem Ausmaß. Von den abgerundeten niedrigen Trommellängsrippen wird nämlich stets nur ein Teil der trägen Holzmasse mitgenommen, während der Rest wieder nach unten abrutscht.

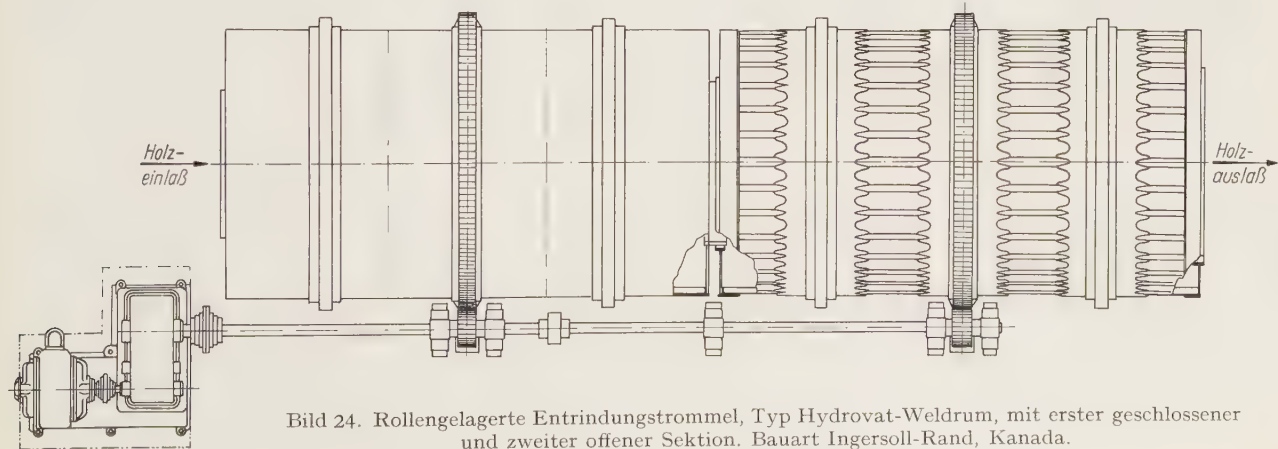


Bild 24. Rollengelagerte Entrindungstrommel, Typ Hydrovat-Weldrum, mit erster geschlossener und zweiter offener Sektion. Bauart Ingersoll-Rand, Kanada.

Die Trommelung kann sowohl als Naßentrindung wie auch als Trockenentrindung durchgeführt werden. Im Falle der Naßentrindung taucht die Trommel zu einem Teil in einen Wassertrog ein oder ist — sofern die Trommelwand geschlossen gebaut ist — in der unteren Hälfte mit Wasser gefüllt. Abgesehen davon, daß in manchen Fällen das Wasser von der Bauweise der Trommel her benötigt wird, hat es den Sinn, die durch Schlag- und Reibwirkung gelockerte Rinde durch Quellung weiter zu lösen und schließlich abzuwaschen. Außerdem wird die schlagende und stoßende Wirkung der Kräfte innerhalb der Trommel durch den Wasserstau etwas gedämpft. Die Größe der Trommeln ist unterschiedlich; grundsätzlich sind nach oben hin Maße bis zu 6 m Durchmesser und 14 m Länge (je Trommelsektion) möglich. Bis heute haben sich in der Praxis noch keine einheitlichen Trommelmaße eingeführt.

Die verschiedenen Trommelfabrikate unterscheiden sich im wesentlichen durch die Bauelemente des Trommelkorbes, die Art des Trommelantriebs und die Art der Trommellagerung. Nach letzterem Gesichtspunkt kann untergliedert werden in Trommeln, die in Ketten aufgehängt sind, Trommeln, die hydraulisch und Trommeln, die auf Rollen gelagert sind.

Die bekanntesten Vertreter der kettengelagerten Trommeln sind die amerikanischen F.M.P.-Trommeln, die in mehreren Trag- und Antriebsketten hängen (Bild 23). Die gesamte Last ist auf 164 Auflagepunkte je Trommelsektion verteilt, deren Standardmaße 3,66 m Durchmesser und 6,85 m Länge sind. Meist sind zwei oder drei Sektionen aneinandergereiht. Die Trommelkonstruktion erlaubt sowohl einen Trocken-, einen Naß-, wie auch einen kombinierten Entrindungsbetrieb.

Zu den hydraulisch gelagerten Trommeltypen zählen die Schulerud- und die Waplan-Trommeln. Bei ersterer schwimmt der Trommelkorb in einem mit Wasser gefüllten Trog und wird durch zwei Tragringe, die oben über Pockholzlager und seitlich über Radiuslager schleifen, geführt. Weiteste Verbreitung hat in Europa die Waplan-Trommel gefunden. Ihre Tragringe tauchen in einen Ringkanal ein, in den Druckwasser mit rd. 1,8 kp/cm² gepumpt wird. Insgesamt zwei Tragringe genügen je Trommelkorb bis zu 14 m Länge. Während bei der Schulerud-Trommel nur im Naßbetrieb gearbeitet werden kann, sind

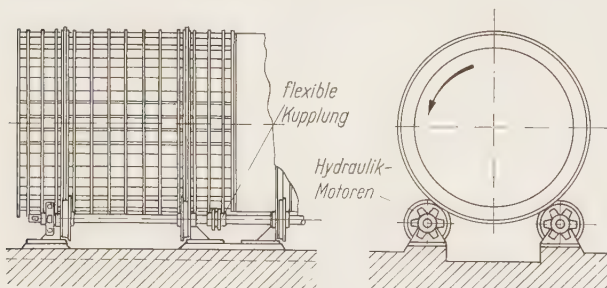


Bild 25. Trommel mit Rollenlager und Hydraulikmotoren. Bauart Hanson-Uniweld, Kanada.

bei der Waplan-Trommel Naß- und Trockenbetrieb möglich; in letzterem Fall (in der Praxis nur selten anzutreffen) wird das überschüssige Druckwasser in einen nach außen abgedichteten Ring abgeführt.

Bei der dritten Art der Trommellagerung wird der Trommelkorb von Rollen getragen, die im unteren Viertel des Trommelquerschnitts angeordnet sind. Die in Europa seit vielen Jahren bekannteste Trommel dieses Typs ist die Wilén-Trommel. Neuerdings führte sich besonders die

kanadische Ingersoll-Rand-Trommel (Bild 24), die auch in vielen anderen Ländern in Lizenz gebaut wird, sehr schnell in Papier- und Zellstofffabriken ein. Diese meist zweiteilige Trommel zeichnet sich durch ihre äußerst widerstandsfähige Bauart aus. Die speziell gefingerte und breite Form der Bandagen, auf die die Tragschienen und der Antriebszahnkranz aufgeschraubt sind, verleiht dem Trommelkorb eine besondere Festigkeit. Die Standardmaße betragen 3,86 m Durchmesser und 6,86 oder 10,25 m Länge je Sektion. Oft ist der Trommelkorb der ersten Sektion völlig geschlossen und nur die zweite Sektion mit Rindenauslaßschlitzen versehen, damit zuerst naß und dann trocken entrindet werden kann. Diese Maßnahme ist besonders in nördlichen Ländern nützlich, denn Heißwasser in der geschlossenen ersten Sektion vermag die gefrorene Rinde und die äußeren Jahrringe aufzutauen und eine wirkungsvolle Entrindung vorzubereiten. Der vordere Trommelkorb ist an beiden Stirnseiten mit einer kreisförmigen Blende von 50 ... 60 cm Höhe versehen, damit bis zu dessen Rand Wasser in die Trommel gefüllt werden kann.

Die neuen Kamyr-, Warkaus- und Escher-Wyss-Trommeln sind in ähnlicher Weise gebaut und lassen einen individuell anpaßbaren Entrindungsbetrieb zu. Gewisse

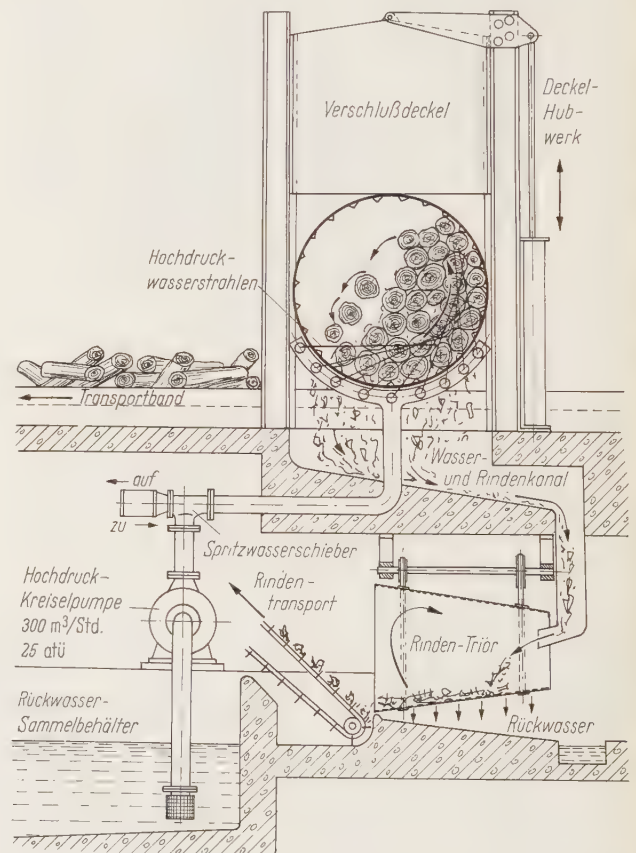


Bild 26. Wasserstrahl-Entrindungsanlage System „Schongau“. Bauart Voith, Heidenheim

Eigenheiten in der Bauweise zeigt die Hanson-Uniweld-Trommel, die in sehr kurzen Sektionen von 4,57 m Länge gebaut wird und vorwiegend aus genormten Teilen, wie Eisenbahnschienen und Güterwagenrädern, konstruiert ist und deren Tragrollen von Hydraulikmotoren angetrieben werden (Bild 25). Auch hier ist die Kombination von geschlossenen und offenen Trommeln möglich.

Die einzelnen Verbrauchs- und Leistungsdaten sind in Tabelle 2 zusammengefaßt.

Hinsichtlich Maschinenbau und Arbeitsablauf sind bei den hydraulischen Entrindungsmaschinen (4) dieselben Ausführungen vertreten wie bei den mechanischen. Normalerweise scheren der oder die Wasserstrahlen die Rinde an der Stelle des geringsten Widerstandes ab und ahmen damit die Reibentrindung mittels stumpfer Werkzeuge nach.

Den Übergang zwischen den Holz-an-Holz-Reibentrindungsmaschinen und den reinen Wasserstrahl-Entrindungsverfahren stellt das sog. Schongau-Verfahren dar (4.1). Drei Kräfte wirken bei der Entrindung zusammen: Reibung Stamm an Stamm, Reibung Stamm an profilierten Trommelrand und Hochdruckwasserstrahlen gegen die Stammoberfläche. Die Trommel selbst steht still; die Bewegung der Hölzer im Trommelinneren wird allein durch die am unteren Trommelteil nach einer Richtung spritzenden Wasserstrahlen (Druck 20 kp/cm²) bewirkt (Bild 26).

Unter den weiteren Wasserstrahl-Entrindungsmaschinen kann unterschieden werden zwischen Maschinen, bei denen der Stamm während der Entrindung in Drehbewegung unter dem Wasserstrahl weitergeführt wird (4.2), und Maschinen, bei denen der Stamm ohne Drehbewegung weitergeführt wird (4.3). Zu den ersteren ge-

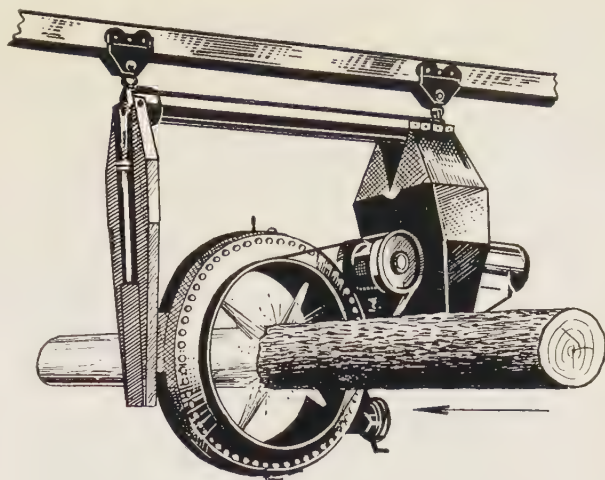


Bild 28. Hochdruck-Wasserstrahl-Entrindungsmaschine des Ringtyps. Bauart Hansel, USA.

Energieverbrauch, sowie ihre hohen Anschaffungs- und Installationskosten. Bei großen Stammdurchmessern sind die Holzverluste sehr gering, die Entrindungsqualität gut und die spezifischen Mengenleistungen hoch. Für mittel-

europäische Verhältnisse eignen sich diese Maschinen jedoch nicht, da die Holzdimensionen und die täglichen Verarbeitungsmengen zu gering sind. Einzeldaten der Wasserstrahl-Entrindungsmaschinen sind aus Tabelle 2 zu entnehmen.

Maschinenvergleich

Die Problematik einer vergleichenden Beurteilung von Entrindungsmaschinen liegt in der außerordentlichen Komplexität des Entrindungsvorganges, der von einer Vielzahl ständig wechselnder Faktoren beeinflusst wird. Greift man als Beispiel hierfür die Faktoren heraus, welche die Maschinen-

kapazität bestimmen, so ergibt sich folgende Funktion:

$$K = f(B, E_w, H, M, E_0, Z, E_b, E_g),$$

wobei

K = Kapazität der Maschine, ausgedrückt in entrindeter Holzmenge (fm, rm, lfm);

B = Berindungsgrad, d. h. dicke oder dünne, rauhe oder glatte Rinde, vollrindig oder gut oder weniger gut vorgeschält (gerepelt), verbleibende Rindenreste in Längsstreifen (Handvorschälung) oder schraubenförmig auf der Holzmantelfläche (bei maschineller Vorschälung);

E_w = Entrindungswiderstand, der seinerseits abhängig ist von der Holzart, den Wachstumsbedingungen, dem Teil des Baumes (oben, unten, Wetterseite, Sonnenseite), der Einschlagzeit, der Lagerart, dem Lagerort und der Lagerdauer zwischen Einschlag und Entrindung sowie den jeweiligen Holzvorbehandlungen zur Verringerung des Entrindungswiderstandes;

H = Holzbeschaffenheit, wie Durchmesser und Länge, Form und Ästigkeit, Feuchtigkeitsgrad und Gewicht des Stammes;

M = Arbeitsprinzip und Bauweise der Maschine; hierzu gehören Größe der Maschine, Art und Form der Entrindungswerkzeuge, Möglichkeit der Veränderung der Arbeitsgeschwindigkeit, Widerstandsfähigkeit der Maschine, Anpassungsfähigkeit an wechselnde Voraussetzungen;

E_0 = Entrindungsort, z. B. stationär oder veränderlich; bei letzterem: Entfernung zwischen Entrindungsplätzen, Organisation und Zustand der einzelnen Plätze;

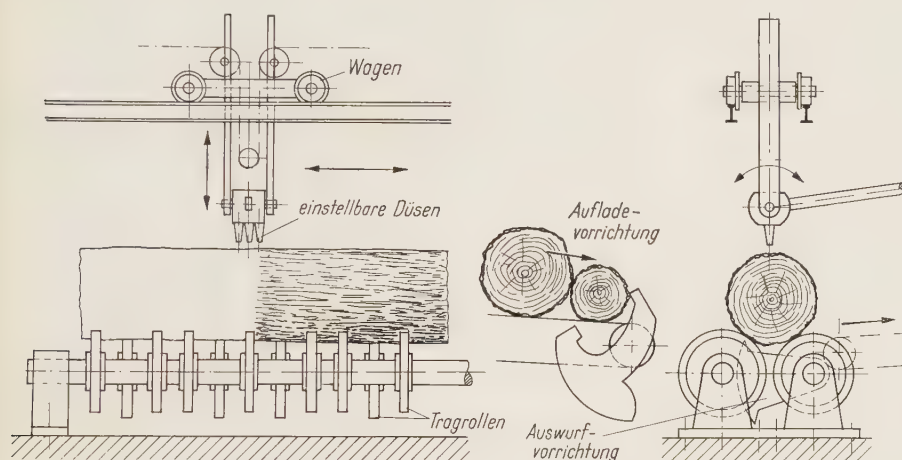


Bild 27. Hochdruck-Wasserstrahl-Entrinder mit stammparallel beweglichem Düsenkopf. Bauart Bellingham, USA.

hört unter anderen der Zellerbach-Drehbank-Entrinder (ähnlich den mechanischen Drehbank-Entrindern), der Weyerhaeuser-Ketten-Entrinder, der Bellingham-Entrinder und der Streambarker. Am häufigsten in Gebrauch ist der Bellingham-Entrinder (Bild 27). Der Düsenkopf ist an einem auf vier Räder fahrbaren, seilgezogenen Stahlwagen zusammen mit der Vorrichtung für Anheben und Senken, Drehen (um 360°) und Neigen (um 30° nach jeder Seite) des mit einer Vielzahl von Düsen besetzten länglichen Stahlrohres montiert. Die Maschine, die vor allem an Amerikas Westküste für die Entrindung von sehr dicken Stämmen (bis 300 cm Durchmesser) eingesetzt ist, arbeitet mit einem Wasserdruck von 84 kp/cm² und weist einen Wasserverbrauch von 4,45 m³/min auf.

Zur zweiten Maschinengruppe unter den Wasserstrahl-Entrindern zählen die Filer & Stowell-, Hansel-Oscillating-Arm-, Simons- und Hansel-Ring-Entrinder. Unter ihnen hat die letztgenannte Maschine die größte Bedeutung. Die zu entrindenden Stämme werden mittels Förderbändern durch einen nach oben und unten beweglichen kreisenden (75 U/min) Ring geführt, der mit zwei bis acht Spritzdüsenpaaren besetzt ist (Bild 28). Gemeinsame Merkmale aller hydraulischen Entrindungsmaschinen sind ihr ausschließlich stationärer Einsatz, ihr hoher Wasser- und

Z = Vollkommenheit der Zusatzeinrichtungen, z. B. Beschickung- und Abnahmevorrichtungen;
 E_o = Durchführung des Entrindungsbetriebes, z. B. Aufbau der Arbeitsorganisation, optimale Ausnützung der maschinellen und technologischen Möglichkeiten (Anzahl und Güte des Maschinenpersonals), Ausmaß der Maschinenwartung;
 E_q = gewünschtes Entrindungsergebnis, d. h. Anforderungen an die Güte der Entrindung bzw. an die Sortiersorgfalt des Bedienungspersonals.

Aufgrund dieser Komplexität, die mit einer Reihe weiterer Beispiele belegt werden könnte, ist es nicht zweckmäßig, einen Globalvergleich der verschiedenen Entrindungsmaschinen auf der Grundlage ihrer Verbrauchs- und Leistungsdaten durchzuführen; vielmehr müssen ausgehend von einigen besonders aussagefähigen Einzelkriterien Teilvergleiche angestellt werden.

Durch Zusammenfassung und Schwerpunktbildung der vielen einzelnen Anforderungen, die an Entrindungs-
maschinen gestellt werden, lassen sich unter technologischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten einige Kriterien herausbilden.

Vergleich in technologischer Hinsicht

Als Vergleichskriterien sollen hier

- a) Leistungsfähigkeit und Umfang der Entrindungs-
anlage,
- b) Eignung des Entrindungsprinzips,
- c) technische Ausführung der Maschine,
- d) Entrindungswirkung und Vielseitigkeit der Maschine
und
- e) Fragen der Rindenbeseitigung
verwendet werden.

Zu a). Leistungsfähigkeit und Umfang einer Entrindungsanlage haben nicht nur auf die Kosten, sondern auch auf die Eignung für die örtlichen Verhältnisse und selbstverständlich auf die Leistungsfähigkeit der Entrindungs-
anlage Einfluß.

Das beste Kriterium für eine allgemeine Größenunterteilung ist die Beweglichkeit einer Anlage: Vollbewegliche Maschinen haben stets geringe Zusatzeinrichtungen, nehmen wenig Platz ein und weisen kleine bis mittlere Entrindungskapazitäten auf; vollkommen stationäre Anlagen haben — mit wenigen Ausnahmen — großen oder mittelgroßen Umfang und höhere Kapazität. Dazwischen liegen die halbbeweglichen Maschinen, die umfangs- und leistungsmäßig entweder zu den kleinen oder zu den mittelgroßen Anlagen zählen.

Gegliedert nach Maschinen für die Entrindung von Faserholz und Maschinen für die Entrindung von Pfählen und Masten geht die in Raummetern bzw. laufenden Metern je Zeiteinheit ausgedrückte Leistungsfähigkeit der einzelnen Maschinen aus Tabelle 3 hervor. Da bei Stammholz die Durchmesser im Gegensatz zu Faserholz Stangen und Masten sehr unterschiedlich sind, wird eine größenmäßige Gliederung der Stammholzmaschinen zweckmäßigerweise nach dem jeweiligen maximalen Holzdurchmesser, der von ihnen bearbeitet werden kann, vorgenommen (Tabelle 4).

Als Anhaltspunkt für die Leistung von Stammholzmaschinen können das Arbeitsprinzip und die Vorschubgeschwindigkeit der Maschinen dienen. Vom Arbeitsprinzip her gestatten die Maschinen den schnellsten Arbeitsablauf, bei denen Zu- und Abführungstransport und

Tabelle 3. Mengenerleistung der Maschinen für die Entrindung von Faserholz, Pfählen und Masten

	Mengenerleistung	vollbeweglich	halbbeweglich	stationär
Entrindung von Faserholz	m ³ /8 h			
	4 ... 8	handgeführte Fräsköpfe (1 Werkzeugkopf): Demaillet, Rapide, Ekström, Magini, Flex, Häwa		
	9 ... 13	handgeführte Fräsköpfe (2 Werkzeugköpfe): Demaillet Maschinen mit vertikalen Messerscheiben (1 Scheibe): Roos, Cundeys		Bezner-Schnellschäler, Wigger-Schnellschäler
	14 ... 22	Maschinen mit vertikalen Messerscheiben (2 Scheiben): Jätkä, Cembro, Bark King	Roos	Bezner-Schnellschäler, Wigger-Schnellschäler, Paschke-Trommel Größe 0
	23 ... 30	Jylhä	Bezner-Waldschäler, Cundeys	Hepke-Faserholzmaschine
	31 ... 40	Pino Teho, Bark Lasse		
	41 ... 60			Bezner-Schwenkkopfschäler
	61 ... 90	Morbark W, VK 10, Cambio 21		KMW-BS, Hanke-Entrinder, Paschke-Trommel Größe 1 und 2
	90 ... 125	Cambio 35, VK 16, Sund, BME-14, Hydrobark, CHEJ 335 + 520, Ingersoll-Rand 16 M		Cambio 21
	126 ... 180	Cambio 45		Cambio 35 + 45, Impco, Sund BME-14, CHEJ 335 + 520, Schongau-Trommel kleine diskont. Taschenentrinder, kleine kont. Trommeln
Entrindung von Pfählen und Masten	180 ... 400			größere diskont. Taschenentrinder, mittlere Trommeln
	400 ... 1000			größere Trommeln
	lfm/8 h			
	bis 500	alle handgeführten Fräsköpfe		
	1500 ... 2000			Bezner-FML-Mastenschälmaschine
	2000 ... 2500			Bezner-FM-Mastenschälmaschine
	2500 ... 4000			amerikanische Pfahl- und Mastenschälmaschinen (Efurd, Nelson, Augustin)

Entrindungsmaschine in einer Linie angeordnet sind. Dies trifft bei allen Ringentrindungsmaschinen — sowohl bei den mechanischen wie auch bei den hydraulischen — zu, also bei den Maschinen, bei denen sich der Stamm während der Entrindung nicht dreht.

Tabelle 4. Gliederung der Stammholz-Entrindungsmaschinen nach ihrem Durchmesserbereich

max. Stamm- durchmesser (cm)	vollbeweglich	halbbeweglich
bis 52		CHEJ 520
bis 61		Morbark C
bis rd. 100	handgeführte Maschi- nen (Valentin, RSM, Römer)	
	alle stationär	
bis 61	Hepke H 226, Cambio 54, Sund BMC-24, Impco, VK-26, Waplan-Langholz-Trommel, Stream- barker, Weyerhaeuser-Ketten-Entrinder, RSM mit Drehvorrichtung	
62 ... 81	Hepke H 227, Cambio 66, CHEJ 760, VK-32, Peto 66, Söderhamn R-V, Nicholson-Roto- Barker, Hosmer CS-20, Nicholson-Champion, Forano-Paybarker, Jackson, Hansel-Ring- entrinder	
82 ... 102	Cambio 86, Ombiac 40'', Sumner-Rotor, Morbark-EM, Hosmer SB-18 + V-20, Forano- Paybarker, Fulghum, Hansel-Ringentrinder	
103 ... 111	Cambio 108, Sumner-Rotor, Nicholson-Roto- Barker, Söderhamn R-V, Sumner-Rosser Head, Filer & Stowell	
112 ... 130	Hepke H 233, Ombiac 50'', Nicholson-Roto- Barker, Nicholson-Champion, Hosmer V-20, Eaton, Morbark-NW, RSM mit Drehvor- richtung	
131 ... 162	Ombiac 60'', Sumner-Rotor, Nicholson- Accumat, Nicholson-Veneer, Sumner-Rosser Head, Albany, Nicholson-Champion, Hosmer V-20, Hansel-Ringentrinder	
163 ... 188	Hepke H 230, Nicholson-Roto-Barker, RFR- PK-18, Zellerbach-Drehbank-Entrinder, Hansel- Ringentrinder	
189 ... 224	Albany, Ederer, Nicholson-Veneer, Hansel- Oscillating Arm, Simons	
225 ... 305	Bellingham	

Betrachtet man allein die Entrindungsgeschwindigkeit, d. h. den Vorschub während der Entrindung, so zeigen sich ebenfalls die Ringentrindungsmaschinen den übrigen überlegen. In vergleichbarem Durchmesserbereich kann mit ihnen etwa um 100 ... 200% schneller entrindet werden als mit Maschinen mit stammparallel beweglichen Werkzeugen oder Maschinen mit stationären Werkzeugen bei Rotation und Vorschub des Stammes. Bei Stämmen von rd. 25 cm Durchmesser und 5 m Länge wird von den Ringentrindungsmaschinen eine durchschnittliche 8 h-Leistung von rd. 200 ... 360 fm erreicht, während die übrigen rd. 100 ... 180 fm leisten.

Will man die Entrindungsmaschinen nach ihrem größenmäßigen Umfang gliedern, um der Anforderung „kompakte Bauweise mit wenig Hilfs- und Nebenanlagen“ nachzugehen, so ergibt sich, zusammengefaßt für die verschiedenen Maschinengruppen, das in Tabelle 5 dargestellte Bild.

Zu b). Die Eignung des Entrindungsprinzips leitet sich vorrangig von den Anforderungen ab, die seitens der Weiterverarbeitung und der Verwendung des entrindeten Holzes gestellt werden. Es kann zwischen drei Hauptanforderungen unterschieden werden:

I Weitgehende Entfernung von Borke und Bast mit Duldung von zurückbleibenden Rindenresten;

II vollkommene Entfernung von Rinde und Bast mit Duldung von Unebenheiten an der Stammoberfläche;

III vollkommene Entfernung von Rinde und Bast mit gleichzeitiger Oberflächenbearbeitung des Stammes.

Allein um die minimalen Anforderungen an die Entrindungsgüte I zu erfüllen, können grundsätzlich alle Maschinentypen verwendet werden, soweit sie größen- und leistungsmäßig entsprechen. Wirtschaftliche Gesichtspunkte (Forderung nach geringen Holzverlusten) verbieten jedoch in diesem Falle die Verwendung von schneidenden Maschinen. Für Faserholz, das in die Zellstoff- und Span- und Faserplattenindustrie eingeht, stehen Mehrstamm-Entrindungsmaschinen mit überwiegender Holz-an-Holz-Reibentrindungswirkung und Einzelstock-Entrindungsmaschinen zur Verfügung.

Während für die Einzelstockmaschinen die Holzlänge für einen guten Entrindungsbetrieb mindestens 1,50 m betragen sollte und der Maximallänge vom Arbeitsprinzip der Maschine her keine Grenze gesetzt ist, werden

Tabelle 5. Gliederung der Entrindungsmaschinen nach Bauweise und Nebenanlagen

Maschinengruppe	Bauweise	Nebenanlagen
voll bewegliche Maschinen	sehr kompakt	Schlepp- und Antriebsfahrzeug
halb bewegliche Maschinen	meist sehr kompakt	Beschickungs- und Abnahmetische
stationäre Maschinen	alle Möglichkeiten	meist in großem Umfang
handgeführte Entrindungsmaschinen	stets kompakt	keine
Maschinen mit vertikalen Messerscheiben	stets kompakt	Rindenexhaustor, Schärfvorrichtungen
Maschinen mit Messerköpfen	mehrere Maschinenteile	Beschickungs- und Abnahmetische, Exhaustor, Transportwagen, Transportbänder, meist Hydraulik- oder Luftdrucksystem, Nachschäl- und Schärfmaschinen bei Messerkopfmaschinen
Maschinen mit stammparallel beweglichen Reibköpfen	mehrere Maschinenteile	
Maschinen mit Reibköpfen bei Vorschub und Rotation des Stammes	mehrere Maschinenteile	
Ringentrindungsmaschinen	stets kompakt, oft mehrere Motore	Beschickungs- und Abnahmetransporte, Rindenabfuhr, manchmal Hydraulik- oder Preßluftsystem
Trog- oder Taschenentrindungsmaschinen	voluminös	Beschickungskran, oft mit thermischer Vorbehandlungsanlage und Rindenentwässerung
Trommeln	voluminös	viele Transporte, oft Rindenentwässerung, Wassersystem und thermische Vorbehandlung
Hochdruck-Wasserstrahl-Entrindungs- maschinen	meist mehrere Maschinenteile	Transporte, Pumpen, Rohrleitungen, abgeschirmter Bedienungsstand, Rindenentwässerung

mit den Holz-an-Holz-Entrindungsmaschinen in der Regel nur Holzlängen von 0,5 ... 2 m bearbeitet. Dort, wo möglichst splitterfreies Entrinden wichtig ist, eignen sich die Maschinen mit stammparalleler Holz-an-Holz-Reibung besonders gut. Hierzu zählen alle Trog- oder Taschen-Entrindungsmaschinen, einige Kurztrommeln und die Schongau-Maschine. Die diskontinuierlich arbeitenden Entrindungsmaschinen (Finshyttan, Warkaus, Waplan, Hanke) ermöglichen außerdem als einzige die Entrindung von besonders schwachem Holz mit Durchmessern bis herab zu 4 cm. Bei den Großtrommeln mit ungeordnetem Holzhalt ist eine Aufbürstung an den Schnittkanten und ein gewisses Aufsplittern der Mantelflächen unvermeidbar; außerdem verklemmen sich sehr dünne Hölzer leicht in den Rindenauslaßschlitzen der Trommel und werden von der übrigen Holzmasse abgedrückt.

Neben den kontinuierlich arbeitenden Trommeln entrinden die Ringentrindungsmaschinen am wirkungsvollsten; sie allein können vollautomatisch und — unter Voraussetzung geeigneter Beschickungs- und Abnahme-einrichtungen — vollkommen kontinuierlich bei Erbringung von hohen Leistungen betrieben werden. Gleiches gilt auch für die Wasserstrahlentrinder des Ringtyps. Der große Vorzug der Ringentrindungsmaschinen gegenüber den anderen Maschinentypen ist die Mehrzahl von schmalen Schälwerkzeugen, die um den sich drehenden Stamm kreisen. Sie können durch ihren Anpreßdruck und ihre sehr kleine Angriffsfläche sehr gut den Konturen der Stammoberfläche folgen. Bei den Reibkopfmaschinen, bei denen der Stamm während der Entrindung gedreht wird, arbeitet stets nur ein Werkzeug, das, um nicht eine zu geringe Mengenleistung zu erzielen, ziemlich breit ausgebildet ist. Selbst bei einem frei pendelnden und nach beiden Seiten beweglich gelagerten Werkzeugkopf und entsprechendem Auflagedruck ist wegen der verhältnismäßig großen Angriffsbreite keine sehr gute Anpassung an unregelmäßige Stammkonturen möglich. Zu den negativen Auswirkungen rein örtlicher Unebenheiten tritt verstärkend oft noch eine exzentrische Stammdrehung hinzu, die durch Krummwuchs oder Wurzelanläufe hervorgerufen wird. Bei den Ringentrindungsmaschinen bleibt dagegen der Stamm still und die Werkzeuge haben nur den rein örtlichen Unebenheiten am jeweiligen Berührungspunkt zu folgen. Der Vorteil der Ringentrindungsmaschinen gegenüber den übrigen Reibentrindungsmaschinen ist um so größer, je unregelmäßiger Form und Oberfläche des zu entrindenden Stammes sind.

Allgemein sind bei saftfrischem oder wassergelagertem Holz die auf Einzelstockmaschinen erzielten Entrindungsergebnisse gemessen an den geringen Anforderungen als sehr gut zu bezeichnen. Bei angetrocknetem Kambium sinkt jedoch die Entrindungsgüte beträchtlich.

Gut geeignet für die Entrindung von Stammholz im Wald und — bei kleinen Mengen — auch im Werk sind die handgeführten maschinellen Entrindungswerkzeuge RSM, die Valentin-Maschine und die Römer-Maschine mit automatischem Vorschub. Die manuelle Werkzeugführung gestattet eine stammindividuelle Entrindung, die jeweils genau den Anforderungen angepaßt werden kann und somit ein einheitliches Entrindungsergebnis zu bringen vermag.

Faßt man nun die hohen Reinheitsansprüche einer Holzschleiferei oder einer nicht bleichenden Sulfit-Zellstoffabrik an die Entrindungsgüte (II) einer Maschine ins Auge, so müssen in den meisten Fällen andere als die vorgenannten Maschinen gewählt werden, denn es kann — nach dem heutigen technologischen Stand — nur voll-

kommen borken- und bastfreies Holz der Weiterverarbeitung zugeleitet werden. Von den verschiedenen Maschinengattungen erfüllen in erster Linie die schneidenden Maschinen die hohen Anforderungen. Die mechanischen Reibwerkzeugmaschinen dagegen erzielen selbst bei günstiger Holzbeschaffenheit nicht vollkommen die gewünschte Entrindungswirkung.

Mit allen schneidenden Maschinen kann bei richtiger Bedienung ein sehr gutes Entrindungsergebnis erzielt werden, und zwar unabhängig davon, ob das Kambium feucht, angetrocknet oder angefroren ist. Durch das Schneidelement wird der Entrindungswiderstand nahezu bedeutungslos, da die Werkzeugkräfte viel größer sind und ihn leicht überwinden. Über die reine Rinde hinaus wird aber stets auch ein beträchtlicher Anteil wertvoller Holzsubstanz mitentfernt, was wirtschaftlich gesehen einen schwerwiegenden Nachteil der Messerschälmaschinen darstellt. Dieser Nachteil unterbleibt bei den Holz-an-Holz-Reibentrindungsverfahren, die in der Praxis die größte Verbreitung haben und mit Abstand die leistungsfähigsten Einheiten aufweisen.

Von ganz wesentlicher Bedeutung ist für die Holz-an-Holz-Reibentrindung der Zustand von Rinde und Kambium. Gute Ergebnisse werden nur bei saftfrischem oder wassergelagertem Holz mit vorgeweicher Rinde erzielt. Sind diese Voraussetzungen nicht gegeben, so sinken Entrindungsgüte, Entrindungsleistung und Wirtschaftlichkeit der Anlage stark ab. Durch das Vorausschalten einer kurzen thermischen Vorbehandlung kann Abhilfe geschaffen werden. Dies verstößt jedoch gegen die allgemeine Forderung an eine Entrindungsmaschine: „Keine Notwendigkeit einer künstlichen Holzvorbehandlung, und wenn Vorbehandlung, dann nur im Einklang mit der Weiterverarbeitung des Holzes.“ Bei der Holzschliff-erzeugung und auch bei der Herstellung von ungebleichtem Sulfit-Zellstoff ist dieser Einklang nicht gewahrt, da das Holz durch die hohe Wärmeeinwirkung dunkelt und damit die Qualität des später daraus gewonnenen Produkts mindert bzw. den Aufwand teurer Bleichmittel zum Nachhellen des Weißverlustes verlangt.

Bei den hohen Ansprüchen an die Entrindungsgüte stehen sich somit die verlustreiche Messerentrindung und die in Mitteleuropa meist Holzvorbehandlungsanlagen erfordernde Holz-an-Holz-Reibentrindung gegenüber. Die Frage nach der besseren Eignung des einen oder des anderen Entrindungsprinzips kann letzten Endes nur aufgrund von wirtschaftlichen Überlegungen entschieden werden.

Die dritte Hauptanforderung an die Entrindungseigenschaft einer Maschine (III), nämlich vollkommene Rindenfreiheit mit gleichzeitiger Oberflächenbearbeitung, welche die Imprägnieranstalten von Pflöcken, Pfählen und Masten verlangen, wird vorwiegend von den eigens für diesen Zweck konstruierten Messerschälmaschinen mit waagrecht gelagertem Messerkopf erfüllt. Von den Messerschälmaschinen eignen sich alle handgeführten Fräsköpfe sehr gut. Sie sollen in Richtung des Faserverlaufs geführt werden, um eine glatte Oberfläche zu erzielen und die Aufnahme der Imprägniermittel zu begünstigen. Höhere Leistungen werden von den Pfahl- und Mastenschälmaschinen erreicht. Hier stehen die deutschen Bezner-Maschinen einer Mehrzahl von amerikanischen Maschinen gegenüber. Die Entrindung in Faserrichtung ist am besten bei den Bezner-Maschinen durch deren walzenartige Schraubenfräser mit gewundenen Messern gewährleistet. Bei den amerikanischen Maschinen sind die geraden Fräsmesser längs zur Stammachse angeordnet. Während

die Bezner-Maschine auf die Schälung von vorentrindeten Stangen abgestimmt ist, eignen sich die amerikanischen Maschinen durch ihre Werkzeuggestaltung auch für die Schälung vollrindigen Holzes und besonders für die Begradigung von unebenen Stellen und Astansätzen. Die Firma Efurd legt bei ihren Maschinen besonderen Wert auf die Vermeidung von abgerundeten Schnittkanten an den Mastenden.

Zu c). Die Anforderungen an die technische Ausführung einer Entrindungsmaschine heißen: einfache und kräftige, widerstandsfähige Konstruktion, Anpassung an die Art des Einsatzes, volle Mechanisierung sowie einfache und gefahrlose Bedienbarkeit und Wartung.

Die kleinen maschinellen Entrindungsmaschinen erfüllen alle Forderungen außer die nach voller Mechanisierung und gefahrloser Bedienbarkeit. Äußerst widerstandsfähig, einfach und kompakt sind die Maschinen mit senkrechten Messerscheiben gebaut. Die schraubenförmige Führung der Stämme entlang der Messerscheibe erfordert vom Bedienungspersonal erhöhte Achtsamkeit und stellt eine stete Gefahrenquelle dar.

Verhältnismäßig gefahrlos ist dagegen der Betrieb von Messerkopfmaschinen, wenn die Stämme ordnungsgemäß auf die Vorschubbänder oder -wagen aufgelegt werden. Die Maschine selbst ist dagegen wesentlich komplizierter. Eine Vielzahl von beweglichen Teilen und Steuerorganen ist erforderlich, und in den meisten Fällen werden zwei oder mehr Antriebsmotore benötigt. Trotzdem sind diese Maschinen so übersichtlich und einfach gebaut, daß Störungen vom Bedienungspersonal erkannt und behoben werden können. Der Werkzeugwechsel ist stets mit wenigen Handgriffen durchführbar. Die Arbeitsweise der Maschinen ist vollmechanisch und kann durch einen Mann von einem Schaltpult gesteuert werden.

Zu den kräftigsten und unempfindlichsten Einzelstamm-Entrindern überhaupt gehören die Maschinen mit stammparallel beweglichen Werkzeugen, seien es die Drehbank-Entrinder oder die Maschinen, bei denen der Stamm auf einer Mehrzahl von angetriebenen Räderpaaren liegt und das Werkzeugpendel von oben eingreift. Diese Maschinen halten selbst bei sehr schwerem und unförmigem Holz einem rauen Dauerbelastungsbetrieb stand. Mehr bewegliche Teile weisen die Reibkopfmaschinen auf, bei denen die Stämme in schraubenförmiger Bewegung unter oder über dem Entrindungskopf durchgeschoben werden. Sämtliche Konstruktionsteile lassen sich in beliebig kräftiger Ausführung gestalten, so daß auch diese Maschinentypen als äußerst zuverlässig und strapazierfähig angesprochen werden können.

Bei den Ringentrindungsmaschinen muß auf das Problem der zentrischen Stammeinführung hingewiesen werden, das bei den meisten vollautomatischen Maschinentypen bisher nur unvollkommen gelöst ist. Bei den halbautomatischen Maschinen hängt die Zentrierung von den Fähigkeiten des Bedienungspersonals ab. Wird nämlich ein Stamm vom Zuführungstransport nicht genau in das Rotorzentrum eingeführt, so wirkt sich eine mehr oder weniger starke Hebelwirkung auf die kreisenden Werkzeugarme und deren Lagerung aus und fördert den Verschleiß. Innerhalb des Rotors können wegen Raummangels nur verhältnismäßig schwache Konstruktionsteile eingebaut werden. Neben der Werkzeuglagerung muß auch das jeweilige Anpreßsystem für die Werkzeuge im Rotor untergebracht werden. Die Zugänglichkeit zu den einzelnen Teilen im Rotor ist oft recht ungünstig.

An einfacher technischer Ausführung und kräftiger Bauweise kaum übertreffbar sind die Holz-an-Holz-Reib-

entrindungsmaschinen. Bewegliche Teile sind auf ein Minimum beschränkt und der Verwendung von kräftigsten Bauteilen sind keine Grenzen gesetzt. Stets ist volle Mechanisierung gegeben und bei den kontinuierlich arbeitenden Trommeln ist die Betriebsweise sogar vollautomatisch. Rollengelagerte Trommeln sind ketten- und wassergelagerten Trommeln vorzuziehen, weil bei ihnen die Wartungsarbeit am geringsten ist und außerdem die Möglichkeiten der elastischen Anpassung des Entrindungsbetriebes am größten sind. Die Lebenszeit von Trommel- und Trogentrindungsmaschinen ist stets sehr hoch, wenn ihre Bauweise kräftig genug ist.

Die Wasserstrahlentrindungsmaschinen ähneln je nach ihrem Arbeitsprinzip den mechanischen Maschinen desselben Typs. Unterschiedlich sind jedoch die Art der Beanspruchung der einzelnen Maschinenteile und die Art der Wartung. Bei den Wasserstrahl-Einzelstammentrindern kommt das Holz allein mit Vorschuborganen in unmittelbare Berührung, nicht aber mit anderen Maschinenteilen, wie beispielsweise mit dem Werkzeugkopf oder den Werkzeugarmen bei den mechanischen Entrindern. Der Rotor einer Wasserstrahl-Ringentrindungsmaschine ist wesentlich einfacher gebaut als der einer mechanischen Ringentrindungsmaschine. Anpreßvorrichtungen und Werkzeuglagerungen erübrigen sich. Desgleichen wirkt sich das Problem der Stammzentrierung nicht auf einen Verschleiß von Maschinenteilen aus. Hingegen bringen alle Wasserstrahlmaschinen Dichtungs-, Verstopfungs- und Verunreinigungsschwierigkeiten mit sich. Die Wartung hat sich in erster Linie hiermit zu befassen.

Die Forderung nach einem kontinuierlichen Arbeitsablauf wird am besten von den stirnseitig beschickten Großtrommeln und allen Einzelstammentrindungsmaschinen erfüllt, die in einer Linie in ein Fördersystem eingliedert sind (Messerkopfmaschinen, Reibkopfmaschinen bei Vorschub und Drehung des Stammes, Ringentrindungsmaschinen). Bei allen Maschinen mit Werkzeugvorschub müssen kleine Entrindungsunterbrechungen eintreten, da der zu entrindende Stamm erst dann auf den Entrindungstisch gelegt werden kann, wenn der vorausgehende, fertige Stamm von ihm abgestoßen ist. Bei den transportablen Maschinen hängt die Kontinuität des Betriebes allein von der Arbeitsorganisation und dem Bedienungspersonal ab.

Rein periodisch arbeiten die meisten Taschenentrindungsmaschinen (Finshyttan, Waplan, Warkaus, Hanke) und einige kleinere Trommeln (Paschke), sowie die Schon-gau-Maschine. Gegen eine periodische Arbeitsweise sprechen bei den genannten Maschinen Verlustzeiten, Notwendigkeit einer Parallelordnung des Holzes vor der Entrindung, mangelhafte Kontrollierbarkeit des Entrindungsvorganges, erschwerende Sortierung nach der Entrindung sowie in der Regel ein hoher Personalbedarf.

Zu d). Die Entrindungswirkung hängt hauptsächlich vom Arbeitsprinzip einer Maschine und von deren fachgerechter Bedienung ab und ist stets nur als relative Größe zu betrachten, die von den jeweiligen Anforderungen (siehe b) bestimmt wird.

Den beiden Forderungen nach Vermeidung des Nachschälens oder des Rücklaufes und nach geringen Holzverlusten kann meist nicht gleichzeitig entsprochen werden, da bei vielen Maschinen ein gutes Entrinderungsergebnis ohne Nachschälens nur über erhöhte Holzverluste erreicht wird. Insbesondere gilt dies für die schneidenden Messerentrindungsmaschinen.

Gleich im ersten Arbeitgang kann das erwünschte Entrinderungsergebnis bei allen halbmechanischen Maschinen erreicht werden. Durch die manuelle Maschinenführung

oder die Holzführung von Hand hat der Bedienungsmann die Möglichkeit, sich den Anforderungen an das Entrindungsergebnis vollkommen anzupassen und dabei auch die Holzverluste sehr gering zu halten.

Alle Maschinen vom Entrindungsprinzip Reibwerkzeug gegen Holz erreichen auch bei den besten Voraussetzungen nie die bei Messerentrindungsmaschinen mögliche hohe Entrindungsgüte. Ihr Holzverlust liegt dagegen stets niedrig. Am besten kontrollierbar ist die Entrindungswirkung bei den Maschinen mit stammparallel beweglichen Werkzeugen. Die volle Übersichtlichkeit und der meist stufenlos veränderbare Werkzeugvorschub gestatten einen sehr anpassungsfähigen Entrindungsvorgang. Weniger gut läßt sich die Entrindungswirkung bei den Reibkopfmaschinen mit drehendem Stammvorschub und bei den Ringentrindungsmaschinen steuern. Es kann hier im allgemeinen nur eine Abstimmung der Maschine auf die durchschnittlichen Holzverhältnisse, nicht aber auf die Einzelstammverhältnisse getroffen werden. Gemeinsam für alle Reibentrindungsverfahren gilt, daß die Holzbeschaffenheit (Oberflächengestalt, Feuchtigkeitszustand des Kambiums) wesentlichen Einfluß auf die Entrindungsgüte hat.

Aus der häufigen Abhängigkeit der Entrindungsleistung und -güte einzelner Maschinen von den verschiedensten Bedingungen leitet sich die Forderung nach einer möglichst vielseitigen Maschine ab, die einer Mehrzahl von unterschiedlichen Voraussetzungen gewachsen ist.

Hinsichtlich der Abhängigkeit der Entrindungswirkung vom jeweiligen Entrindungswiderstand, der von der Holzart, der Einschlagzeit, der Art und Dauer der Zwischenlagerung bestimmt wird, kann gesagt werden, daß sie um so geringer ist, je schärfer die Entrindungswerkzeuge ausgestaltet sind. Schneidende Messerentrindungsmaschinen sind daher in dieser Beziehung mit Abstand die vielseitigsten und elastischsten Maschinen. Auch die Morbark-Maschinen und diejenigen hydraulischen Maschinen, deren Wasserstrahlauftreffwinkel und -entfernung zum Stamm beliebig verändert werden können (Bellingham-Entrinder) sind ähnlich gut anpassungsfähig. Bei den übrigen Reibentrindungsmaschinen stehen jedoch Entrindungsergebnis und Holzzustand in sehr starker Abhängigkeit voneinander. Vorbehandlungseinrichtungen sind in vielen Fällen notwendig, um mit diesen Maschinen eine einheitliche, entsprechende Entrindungswirkung zu erzielen.

Im Hinblick auf die Eignung für Holz von gekrümmtem Wuchs und unförmiger oder ästiger Oberfläche zeigen sich wiederum die handgeführten kleinen Entrindungsmaschinen allen anderen weit überlegen. Besonders unelastisch gegenüber gekrümmtem Holz sind alle Mehrstammentrindungsmaschinen, in denen die stammparallele Lage der Prügel beibehalten wird. Je länger dabei die Hölzer sind, desto ungünstiger wirken sich Stammkrümmungen aus. In Trommeln mit ungeordnetem Holzinhalt lassen sich dagegen krumme und auch stärker ästige Prügel recht gut entrinden. Bei den Einzelstammentrindern sind gekrümmte Stämme besonders bei jenen Maschinen sehr ungeeignet, bei denen diese sich während der Entrindung drehen. In Ringentrindungsmaschinen dagegen, bei denen die Werkzeuge um den Stamm kreisen, lassen sich gekrümmte Hölzer sehr gut entrinden.

Bezüglich der Anpassung an verschiedene Holzdimensionen wird auf die Längen- und Durchmesserangaben für die einzelnen Maschinen in der Tabelle 2 hingewiesen.

Schließlich sei die vielerorts noch geübte Praxis der Zweifachentrindung: Vorentindung im Wald und spätere Weißschälung als zweiter Arbeitsgang, berücksichtigt und

festgestellt, welche Maschinen sich für jeden bzw. einen dieser Arbeitsgänge eignen. Von den Handentrindungsmaschinen kann jedes beliebige Entrindungsergebnis sowohl in einem Arbeitsgang wie auch in zweitem erzielt werden. Gleiches gilt für die Maschinen mit senkrechten Messerscheiben und die meisten Messerkopfmaschinen. Die Bezner-Schwenkkopf- und -Mastenschälmaschinen werden allerdings in der Regel nur mit vorentindetem Holz betrieben. Alle Reibentrindungsmaschinen mit der Wirkungsweise „Werkzeug gegen Holz“ eignen sich allein für die Entrindung von vollrindigem Holz; bei vorentindetem Holz finden ihre Reibwerkzeuge keine Angriffspunkte. Die Holz-an-Holz-Reibentrindungsmaschinen hingegen können beide Arbeitsgänge je einzeln oder gleichzeitig in einem Durchlauf vollziehen. Für die Wasserstrahlentrinder gilt grundsätzlich dasselbe, wenngleich die Einzelstamm-Maschinen vorrangig für die Bearbeitung von vollrindigem Holz eingesetzt werden.

Zu e). Je nach Holzart, Berindungsgrad und Entrindungsverfahren ergibt sich ein Schälabgang von 3 ... 20%, eine ungeheure Menge, die nur zum geringsten Teil wirtschaftlich genutzt werden kann und deren Beseitigung stets große Schwierigkeiten bereitet. An eine Entrindungsmaschine muß die Forderung gestellt werden, den Schälabgang so anfallen zu lassen, daß er ohne großen Kostenaufwand beseitigt werden kann. Die Rinde soll leicht transportabel und für Verbrennungszwecke trocken sein. Naßentrindungsverfahren, die zudem auch eine biologische Belastung der Abwässer durch die Holz- und Rindenstoffe verursachen, sind daher abzulehnen. Bei Trockenentrindung tragen die Messerentrindungsmaschinen einer einfachen Rindenbeseitigung am besten Rechnung, weil der Schälabgang in kleinen Stückchen und trocken anfällt und mittels Gebläse in Rohrleitungen befördert werden kann; vielfach eignet er sich für den Weiterverkauf an Spanplatten- oder Faserplattenbetriebe.

Vergleich in wirtschaftlicher Hinsicht

Die Untersuchung der Wirtschaftlichkeit bezieht sich im einzelnen auf

- a) die Investitions-, Wartungs- und Instandsetzungskosten,
- b) den Einsatz von Arbeitskräften,
- c) den Energiebedarf und
- d) die Kosten aufgrund von Holzverlusten.

Zu a). Die Investitionskosten, die alle nötigen Nebenmaschinen und Zubehörteile und die gesamte Maschineninstallation einbeziehen, bilden nach Festlegung der Abschreibungszeit die Hauptaussganggröße für die jährlichen Fixkosten in Form von Abschreibungsbeträgen und kalkulatorischen Zinsen. Auch Pauschalsätze für den jährlichen Wartungs- und Instandsetzungsaufwand können als Hundertsatz der jährlichen Abschreibungssumme (lineare Abschreibung) ausgedrückt und den Fixkosten hinzugechnet werden.

Eine Festsetzung von allgemein gültigen und vergleichbaren Gesamtnutzungsdauern und von Pauschalsätzen für die Wartung und Instandsetzung der einzelnen Maschinen bringt Schwierigkeiten mit sich, da stets viele betriebsindividuell verschiedene Voraussetzungen großen Einfluß haben und beachtet werden müssen. Tabelle 6 vermittelt eine Vorstellung über die Größenverhältnisse der Abschreibungszeiträume und der Pauschalsätze innerhalb der Maschinengruppen. Die üblichen unterschiedlichen Kapazitätsauslastungen je Jahr wurden dabei berücksichtigt. Während beispielsweise die großen Trom-

meln in Papier- und Zellstofffabriken in der Regel Tag und Nacht arbeiten, wird mit Einstamm-Maschinen in Sägewerken nur eine oder zwei Schichten lang entrindet.

Zu b). Das heutige Lohnniveau und die Situation am Arbeitsmarkt rechtfertigen es, die Frage des Personalbedarfs bei der Betrachtung der Betriebskosten als einen besonders wichtigen Punkt herauszustellen. Es muß dabei betont werden, daß hier nicht die Kosten allein von Bedeutung sind, sondern daß die Verfügbarkeit von

Tabelle 6. Abschreibungszeitraum und jährlicher Unterhaltungs- und Instandsetzungsaufwand in Hundertsätzen der jährlichen Abschreibungssumme

Maschinenart	Abschreibungszeitraum (Jahre)	Prozentsatz für Unterhaltung und Instandsetzung (%)
Handgeführte maschinelle Entrindungswerkzeuge	3 ... 4	40 ... 70
Messerscheibenmaschinen, transportabel	4 ... 5	50
Messerscheibenmaschinen, stationär	5 ... 7	50
Messerkopfmaschinen	10	40 ... 50
Maschinen mit stammparallel beweglichen Werkzeugen	12	35 ... 40
Reibkopfmaschinen mit Stammvorschub und -rotation, transportabel	4 ... 6	35 ... 50
Reibkopfmaschinen mit Stammvorschub und Rotation, stationär	10	35 ... 50
Ringentrindungsmaschinen bis zu 45 cm Rotor-Durchmesser	5	40 ... 50
Ringentrindungsmaschinen über 45 cm Rotor-Durchmesser	7	40
Trog- oder Taschenentrindungs-maschinen	8	30
Entrindungstrommeln	10	35
Hochdruck-Wasserstrahl-Entrindungsmaschinen	7	40

Arbeitskräften überhaupt in die Investitionsüberlegungen einbezogen werden müssen. Auf die Entrindungsmenge 100 (rm, lfm oder fm) bezogen können aus den durchschnittlich erzielbaren Mengenleistungen Kennzahlen für den Personalbedarf, der in Lohnstunden ausgedrückt ist, abgeleitet werden. Selbstverständlich sind auch hier die Voraussetzungen von Betrieb zu Betrieb unterschiedlich, so daß die Kennzahlen nur Anhaltspunkte darstellen und Tendenzen aufweisen. Tabelle 7 zeigt den normalen Kennzahlenstrebereich bei den einzelnen Maschinen und Maschinengruppen.

Vergleicht man nun die Kennzahlen unter Zuordnung zu den einzelnen Maschinentypen, so zeigt sich bei der Gruppe Faserholz bei den Mehrstammentrindern die Vorrangstellung der großen Taschenentrindungs-maschinen und der Trommeln und bei den Einstammentrindern die der Ringentrindungs-maschinen. Bei den Stammholz-maschinen weisen ebenfalls die Ringentrindungs-maschinen die günstigsten Kennzahlen auf. Ihre teilweise vollautomatische Arbeitsweise sowie ihre geradlinige Einordnung in ohnehin notwendige Längsförderer senken die Zahl des erforderlichen Bedienungspersonals auf ein Minimum von 0 bis 1 Mann.

Zu c). Die installierte elektrische Nennleistung der einzelnen Maschinen samt Nebenanlagen geht aus der

Tabelle 2 hervor. Bei den Mehrstammentrindungsverfahren wird das Holz vor der Entrindung oft einer thermischen Vorbehandlung unterzogen. Neben einem geringen zusätzlichen Verbrauch von elektrischer Energie (rd. 15 kW Anschlußwert) tritt hier ein sehr beachtlicher Wärmebedarf auf, der in der Praxis die Größenordnung von 60 ... 150 kg/rm erreicht und entsprechend den Raummeter mit DM 0,70 ... 1,80 belastet. Erwähnt seien auch die durch die thermische Vorbehandlung verursach-

Tabelle 7. Arbeitskräftebedarf und Lohnstunden je entrindete Holzmenge bei den wichtigsten Entrindungsmaschinen

Entrindungsverfahren bzw. -maschinen	Arbeitskräfte	Lohnstd./100 rm
Faserholz		
Handentrindung	1	70 ... 280
Handgeführte Fräsköpfe	1 oder 2	100 ... 160
Maschinen mit vertikalen Messerscheiben		
Bezner-Schnellschäler, Wigger, Roos, Cundeys	1 oder 2	60 ... 100
Jätkä, Cembro — v'bewegl. eingesetzt	1 oder 2	30 ... 40
Bezner-Waldschäler	2	40 ... 70
KMW-BS	4	34 ... 46
Maschinen mit Messerköpfen		
Jylhä — v'bewegl. eingesetzt	2	50 ... 70
Bezner-Schwenkkopfschäler	6	60 ... 100
Hepke-Faserholz-Maschine	3	80 ... 100
Maschinen mit Reibköpfen		
Bark-Lasse, Pino Teho — v'beweglich	2	30 ... 45
Morbark Modell W — v'bewegl.	3	30 ... 45
Ringentrindungs-maschinen		
bis 35 cm Rotoröffnung — bewegl. Einsatz	4	27 ... 34
dto. in Verbindung mit Greiferbeschickung	3	20 ... 25
bis 35 cm Rotoröffnung — stationär	1	5 ... 7
Cambio 45 — stationär	1	4 ... 5
Trog- oder Taschenentrindungs-maschinen		
Finshyttan, Waplan und Warkaus für 2 m langes Holz	1 oder 2	7 ... 11
dto. für 3 m langes Holz	1 oder 2	4,5 ... 6,5
Hanke-Entrinder für 1 m-Holz	1 oder 2	20 ... 40
Entrindungstrommeln		
Paschke, Größe 1 und 2 kontinuierlich arbeitende Trommeln	3 oder 4	35 ... 40
von rd. 3,20 m Durchmesser und 10 m Länge	3 oder 4	10 ... 14
von rd. 3,70 m Durchmesser und 20 m Länge	3 oder 4	4,5 ... 7
von rd. 5,00 m Durchmesser und 20 m Länge	3 oder 4	4 ... 5
Hochdruck-Wasserstrahl-Entrindungs-maschinen		
Schongau-Verfahren	8	40 ... 60
Streambarker	2	6 ... 10
Pfähle und Masten		
		Lohnstd./100 lfm
Handentrindung	1	3,0 ... 3,8
Handgeführte Fräsköpfe	1	1,8 ... 3,2
Bezner-Mastenschälmaschine FML	5	1,8 ... 2,5
Bezner-Mastenschälmaschine FM	5	1,3 ... 2,0
Efurd-Pfahlschälmaschinen	3	0,7 ... 1,2
Efurd-Mastenschälmaschinen	5	0,9 ... 1,3
Nelson	4	0,6 ... 1,1
Augustin	4	1,0 ... 1,3

Fortsetzung der Tabelle auf S. 102

Tabelle 7. (Fortsetzung)

Entrindungsverfahren bzw. -maschinen	Arbeitskräfte	Lohnstd./100 fm
Stammholz		
Schneidende Verfahren		
Handentrindung	1	35 ... 150
Valentin-, RSM-, Römer-Maschine	1	23 ... 40
Hepke-Stammholzmaschinen	3	16 ... 30
Hepke-Exoten-Stammholzmaschine	3	10 ... 25
Reibkopfmassen		
Drehbank-Entrinder	2	4 ... 6
Maschinen mit stammparallelen beweglichen Werkzeugen, wobei der Stamm auf Rollenpaaren gedreht wird	1,5	6 ... 12
Morbark — h'beweglich	3	25 ... 40
Morbark — stationär	1,5	6,5 ... 12
Hosmer SB-18, CS-20	1,5	6 ... 10
Ringentrindungsmaschinen		
stationär		
Maschinen bis rd. 65 cm Rotordurchmesser	1	3,0 ... 5,0
Maschinen über 65 cm Rotordurchmesser	1	2,0 ... 3,5
Hochdruck-Wasserstrahl-Entrindungsmaschinen		
Bellingham-Entrinder	2	1 ... 5
Filer & Stowell	2	2 ... 5
Hansel-Ringentrinder	2	1 ... 5

ten Weißverluste im Holz, die in Betrieben mit hohen Helligkeitsanforderungen an das Holz einen Bleichmittelaufwand von 2,00 ... 4,00 DM/rm mit sich bringen.

Zu d). Durch die Entrindung bedingte Holzverluste müssen in dem Umfang, in dem sie sich kostenmäßig auswirken, der Kostenstelle Entrindung angelastet werden. Für die Berechnung der Holzverluste soll als Regel gelten, daß die durch die Entrindung verlorene Holzsubstanz zu dem Wert berechnet wird, den sie getragen hätte, wenn der Verlustfall nicht eingetreten wäre, wobei die durch den Verlust bedingte Verbesserung der verbleibenden Holzsubstanz berücksichtigt werden muß. Wenn der Schälabgang verkauft werden kann, verringern sich die Holzverlustkosten um den dabei erzielten Erlös.

Die Holzverluste sind je nach Maschinentyp und Holzdurchmesser verschieden: Schnittrindung ergibt stets höhere Verluste als Reibentrindung und bei Raummengen mit kleiner Holzoberfläche treten immer geringere spezifische Verluste auf als bei Raummengen mit großer Holzoberfläche. Anhaltspunkte für den Holzverlust bei den einzelnen Maschinen sind ebenfalls in der Tabelle 2 enthalten.

Schlußbemerkung

Als Ergebnis der Untersuchung von über hundert europäischen und amerikanischen Entrindungsmaschinen kann zusammengefaßt werden, daß die maschinelle Entrindung der manuellen Entrindung schon von sehr niedrigen Jahresmengen an überlegen ist und daß für alle Entrindungsanforderungen und -bedingungen eine Mehrzahl von Maschinen zur Wahl steht. Soweit es die Halbschälung betrifft, kann behauptet werden, daß die neuzeitlichen Maschinen sowohl auf dem Sektor Faserholz wie auf dem Sektor Stammholz in technologischer und wirtschaftlicher Sicht zu einem sehr hohen Stand entwickelt wurden und jeder Betrieb eine seinen Anforderungen entsprechende Maschine finden kann. Problematischer dagegen ist die maschinelle Weißschälung. Mit wachsender Mechanisierung und Automatisierung nehmen die Beeinflussbarkeit des

Entrindungsvorganges ab und als Folge davon Sortier- und Nachschälarbeiten zu. Die schneidenden Maschinen entrinden in der Regel mit hohen Holzverlusten und sind verhältnismäßig leistungsschwach. Den nach dem Reibprinzip arbeitenden Maschinen müssen in Mitteleuropa meist Vorbehandlungsanlagen mit allen ihren Nachteilen vorgeschaltet werden. Insbesondere für die Faserholzentrindung im Wald fehlt eine leistungsfähige und zugleich sauber entrindende Weißschälmaschine.

Viele Nachteile und Schwächen von bestimmten Entrindungsverfahren und -maschinen können jedoch durch entsprechende Organisation aller mittelbar und unmittelbar mit der Entrindung zusammenhängenden Arbeitsgänge vermindert oder ausgeschaltet und entsprechend die Vorteile und Stärken in den Vordergrund gerückt und genützt werden. Die Entrindung muß als Gesamtkomplex betrachtet werden.

Folgende Überlegungen und Forderungen müssen im Mittelpunkt stehen:

Das Holz darf nur einmal der Entrindung unterzogen werden, d. h. es soll in einem Arbeitsgang in den gewünschten Endzustand gebracht werden.

Es muß der richtige Entrindungsort gefunden werden, an dem insgesamt gesehen die niedrigsten spezifischen Kosten anfallen, wobei alle von der Entrindung verursachten Kosten mitberücksichtigt werden müssen.

Die Organisation der Wald- und Forstarbeiten, der Transporte und der Zwischenlagerung des Holzes muß die Eigenheit der zu verwendeten Entrindungsmaschine berücksichtigen und dazu beitragen, daß die Maschine unter qualitativ und kostenmäßig optimalen Bedingungen arbeiten kann.

Nicht der Stand der Technik und auch nicht die Höhe der Anschaffungskosten für die Entrindungsmaschinen sind in Mitteleuropa die Ursache dafür, daß sich die maschinelle Entrindung noch nicht stärker eingeführt und verbreitet hat, sondern die fehlende Bereitschaft, überholte Arbeitsverfahren umzuorganisieren, und der mangelnde Wille zu einer konstruktiven Zusammenarbeit zwischen Holzherzeuger und -verbraucher im Interesse eines letzten Endes beiden Teilen zunutze kommenden Rationalisierungserfolges.

Schrifttum

- Gläser, H.: Die Messung des Schälwiderstandes. Holz-Zentrbl. Jg. 80 (1954) H. 95, S. 1131/1132.
- : Die Einflüsse der Fällzeit, Lagerungsweise und Vorbehandlung des Fichtenfaserholzes auf den Entrindungsvorgang bei der Naßreibungsentrindung. Das Papier Jg. 14 (1960) H. 12, S. 710/718.
- Huber, B.: Physiologische Untersuchungen über die Schälbarkeit der Fichtenrinde. Deutscher Forstwirt Jg. 1941, H. 29/30, S. 273.
- Kollmann, F.: Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe. 2. Aufl., Band I. Berlin/Göttingen/Heidelberg/München 1951: Springer.
- McBride, C. F.: Barking and Chipping in the Interior of British Columbia. Department of Forestry of Canada, Forest Products Research Branch (1963) H. P-34, S. 1.
- Perm, E.: Bark Adhesion and Methods of Facilitating Bark Removal. Pulp and Paper Magazin of Canada Jg. 1958, H. 9, S. 109/114.
- Sachße, H.: Die Bedeutung der Schälwiderstände für die mechanische Entrindung von Fichtenholz im Forstbetrieb. Radebeul 1955: Neumann.
- Trendelenburg, R., u. H. Mayer-Wegelin: Das Holz als Rohstoff. 2. Aufl. München 1955: Hanser.
- Zieger, E.: Technologie der Holzentrindung. Leipzig 1960: Fachbuchverlag.